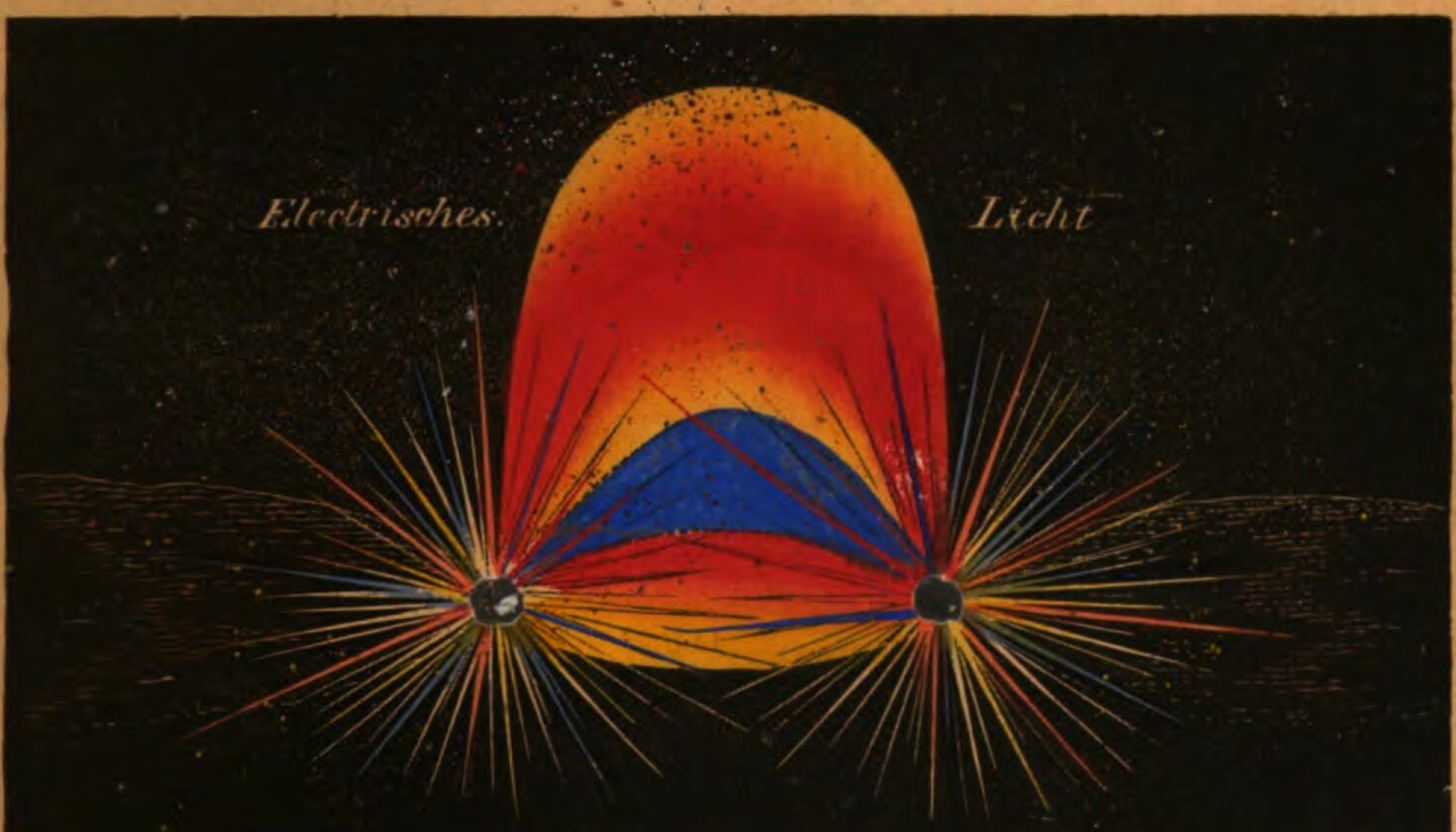
Erste Lieferung.

Naturkräfte und Naturgesetze.

Ihre

Geheimnisse, ihre Wirkungen, ihre Anwendung.

Von Dr. W. F. A. Zimmermann.



Ein populäres

Handbuch der Physik

zum Selbstunterricht

für

die Gebildeten jeden Standes.

Mit mehren Hundert Abbildungen.

Optik. Akustik. Mechanik.
Calorik. Pneumatik. Hydraulik.
Elektricität. Magnetismus. Galvanismus.

Erscheint in ca. 16 Lieferungen à 7½ Sgr. = 27 Xr. Rhein.

Berlin, 1856.

Verlag von Gustav Hempel.



Lith. v. Schwabe. Verlag u. Eigenth. v. G. Hempel in Berlin. Druck v. Gebr. Delius in Berlin.

Magnetisches Ungewitter.

beobachtet vom Capt: James Roſs auf der Südpolarreise, d. 28 Febr. des Sommers 1842.

Naturkräfte und Naturgesetze.

Populäres

Handbuch der Physik

zum Selbstunterricht

für

die Gebildeten jeden Standes.

Von

Dr. W. F. A. Zimmermann.

Erster Band:

Elektricität. Magnetismus. Galvanismus.

Berlin, 1856.

Verlag von Gustav Hempel.

Inhalt.

Der Magnetismus.

Der Galvanismus.

Einleitung,

welche der Verfasser nicht zu überschlagen dringend bittet.

„Wenn man die Natur mit einem Buche vergleichen kann, welches offen vor den Augen eines Jeden aufgeschlagen liegt, so muß man doch andererseits zugeben, daß die Sprache in der es geschrieben, nicht überall gleich verständlich ist, daß es manche Stellen darin giebt, welche schwer zu entziffern sind.“ So sagt Dove in seiner unübertrefflichen Abhandlung über Elektricität.

Leider giebt es dazu nur Wenige, welche fähig wären, die Chiffernsprache, in der diese Stellen geschrieben sind, die Hieroglyphen, wenn sie schon überall natürliche Symbole bieten, zu deuten und der Champollion für diese Denkmale der Natur soll noch gefunden werden, indeß die scheinbar schwieriger zu enträthselnden Denkmale der Kunst bereits nach allen Richtungen hin erklärt worden sind.

Woran mag das liegen? — wir glauben zwei Ursachen davon zu kennen. Mozart wurde von Kaiser Joseph gefragt, woher es komme, daß so wenig Gutes und Verständliches über Musik geschrieben werde. Der große Komponist erwiederte kurz und schlagend mit einer Lessing'schen Antithese: „weil diejenigen, die schreiben können, nicht Musik verstehen, und weil diejenigen, die Musik verstehen, nicht schreiben können.“

Der Gelehrte schreibt nicht verständlich für den Laien; und der verständlich schreiben kann, entbehrt mehrentheils der nöthigen Gelehrsamkeit. Dies ist der eine Grund. Der andere ist: weil nicht Jeder den Geist der Form erfaßt; in der Natur aber ist alles Form (Gestalt), und alle Form in der Natur ist geisterfüllt und durchdrungen.

Welch ein tiefer Sinn liegt in den Gestaltungen, welche der Naturforscher bewundert! Man nehme was man wolle — die Feder mit welcher wir schreiben — sie soll den Vogel tragen, also die Luft zusammendrücken, sie soll ihn kleiden, panzern, wärmen, sie soll stark und doch leicht, sie soll hart, Widerstand leistend und doch schmiegsam sein! Wie herrlich sind alle

diese Zwecke erfüllt, welch' hoher Geist, welche Weisheit verräth sich in ihrer Bildung. Die Feder ist hohl, weil sie leicht sein soll, aber sie ist eben deshalb auch stark, denn dieselbe Menge Materie als Röhre und als massive Stange von derselben Länge, haben verschiedene Tragekraft, die Röhre ist viel stärker als der Stab. Die Feder ist da, wo sie in dem Körper des Vogels befestigt, am weitesten und läuft theils röhrenförmig theils parallelepipedisch gestaltet, schlank und spitz zu, sie wird nach dem Ende zu schwächer, weil gleiche Dicke sie nur unnütz beschweren und nicht stärker, sondern weniger stark machen würde — ein frei aus der Mauer ragender Balken von gleicher Breite und Dicke vermag weniger zu tragen als ein solcher, der von dem Befestigungspunkte an abgeschrägt ist. — Die Feder hat, wo sie aufhört hohl zu sein, eine Füllung von einer zweiten Substanz anderer Art als die Materie des Kiels, weil eine Stange aus zwei verschiedenen Materien zusammengesetzt, kräftiger ist als wenn sie durch und durch von einer Materie gebildet wäre. Dieser spitz zulaufende Theil ist mit der Fahne, der eigentlichen Feder versehen, die Streifen derselben haben beiderseitig wieder eine Fahne, einen Bart, dessen Haare in einander greifen und luftdicht an einander schließen, denn die Feder soll die Luft nicht durchlassen, weil der Vogel auf das leichtflüssige Element sich stützen, sich durch Zusammendrücken darauf erheben soll. — Die Feder ist auch mit einem harten, wachsartigen Fett äußerst fein überzogen, so daß sie kein Wasser annimmt. Sie soll das Thier erwärmen und siehe die Stoffe, aus denen sie gebildet, sind die schlechtesten Wärmeleiter, und weil die Federn einander decken und luftdicht schließen, lassen sie die natürliche Wärme des Thieres nicht entweichen. Sie sollen das Thier auch kleiden und panzern und wahrlich, eine Gans wird nicht durch Hühnerschrot und ein Feldhuhn nicht durch Vogeldunst verletzt, die Masse des Kieles ist so fest, so hart, daß eine Trappe, ein Schwan selbst nicht durch Rehposten, sondern nur durch Kugeln getödtet werden kann, falls nicht etwa zufällig der Kopf getroffen würde.

Wie viele Zwecke werden hier durch die einfachsten Mittel, und doch immer gleichzeitig durch die besten, sichersten Mittel erreicht, und ist es nicht überall so in der Natur — ist das Blatt des Baumes und der Zweig und der Stamm nicht nach denselben, besten und einfachsten physikalischen Grundsätzen gebildet? Ist nicht jeder Knochen und jede Ader jedes Thieres ein Muster der Vollkommenheit in Erreichung der vorgesetzten Zwecke, und wie wäre dies möglich, wenn nicht der tiefest durchdringende Geist schaffend in der Natur gewirkt hätte, und was kann es Interessanteres geben, als die Gesetze, nach denen er wirkt, ihm abzulauschen und abzufragen, wie es der experimentirende Naturforscher macht, oder sie aus den Erzählungen des

Forschers kann lernen, wie es der gebildete Mensch überhaupt thut oder thun sollte.

Sehr treffend und geistreich sagt Dr. Klencke in seinem Werk über den Einfluß der Physik auf das menschliche Leben, daß der Fremdling in den Naturwissenschaften wie ein Robinson zwischen den Erscheinungen einer fremden Welt, mitten in seinem Vaterlande wandelt. Dort rauchen die hohen Schornsteine der verschiedensten Fabriken, die sich wie mächtige Obelisken zur Verherrlichung menschlichen Kunstfleißes in die Luft erheben — in ihren Werkstätten rauschen, brausen und klopfen die Naturkräfte wie titanische und cyclopische Sklaven im Dienste des menschlichen Haushaltes. — Der Fremdling genießt das Product dieser Arbeit, ohne zu wissen, daß die Naturwissenschaft es ist, welche ihm den Zucker der heimischen Felder, das Metall seiner Erdscholle, das winzige und doch unentbehrliche Zündhölzchen und andere unzählige Bedürfnisse des Lebens und des Luxus liefert. Er fliegt mit brausender Locomotive dahin, durch den früher unerreichbaren Raum und hat nichts weiter, als eine beklemmende oder wohlthuende Ahnung, daß eine gewaltige, einst nur zerstörend auftretende Naturkraft gezügelt vom Willen des Menschen es ist, welche ihn durch den Raum führt — er meldet seine Ankunft am Ziel der Reise aus weiter Ferne den Zurückgebliebenen durch eine telegraphische Depesche, blickt mit andächtiger Scheu der Bewunderung auf den elektromagnetischen Apparat, spähet der am Horizont sich verlierenden Drahtleitung nach und muß, indem er thatsächlich erfährt, daß seine Gedanken in diesem Augenblick den todten Draht durchblitzen und sich in demselben Momente in ferner Heimath verständlich und lesbar machen, mit Beschämung sich eingestehen, daß er ein Fremdling in der Gegenwart des Lebens sei. Er brennt seit Jahren in seinem Hause Gaslicht und hat keine Kenntniß davon, wie das Gas entsteht, was es ist und warum es ihm zu leuchten vermag; er geht unter dem Himmel, der seine Sonnen auf ihn niederstrahlt, aber er weiß nicht, was sie sind, was sie sollen, warum sie kreisen, wie nahe oder wie fern sie über seinem Haupte ziehen. — Er fleht den Himmel um Schutz an, aber er kennt die ewigen Gesetze nicht, die im Unermeßlichen walten und sich keiner menschlichen Bitte fügen, wohl aber dem Menschenverstande ihre Geheimnisse erschließen. Ist ein solcher Mensch nicht zu vergleichen mit einem Heimathlosen, der auf eine fremde Erde, unter fremde Naturerscheinungen und fremde Menschensitten verschlagen worden? Und er ist selbst in seinem Vaterlande heimathlos, denn er kennt nicht die Dinge, welche ihn umgeben. Ein Mensch, welcher dem neunzehnten Jahrhundert angehört, soll seiner Vernunft die Ehre geben und nichts zu seinem Leben und Luxus gebrauchen, worüber er sich nicht völlig

Rechenschaft zu geben und was er nicht zu begreifen vermag, und obwohl des Wunderbaren und Merkwürdigen unglaublich viel geschehen, so ist doch alles dieses Merkwürdige auf wenig Grundgesetze zurückzuführen und es ist des zu Lernenden (die Naturlehre) äußerst wenig im Vergleich mit demjenigen des auf die Wissenschaft der Naturlehre sich Stützenden.

Wenn wir nur betrachten, was dieses Jahrhundert, das kaum halb erwachsen, geleistet, so müssen wir erstaunen, denn es hat die pfadlose Wüste des Oceans nach der Uhr beschiffen gelehrt (die Auffindung der Länge durch Chronometer), es hat dem Schiffe die Segel, dem Wagen die Pferde ausgespannt und durch den Dampf ersetzt, und Reisen um die Erde in Spazierfahrten verwandelt, indem es alle Entfernungen auf ein Zehntheil, auf ein Zwanzigstel verkürzt, den Adler in seinem Fluge und den Sturmwind in seinem Grimme überholt hat.

Dies neunzehnte Jahrhundert hat den Elektromagnetismus geschaffen, durch Elektricität magnetisiren und durch Magnetismus elektrisiren gelehrt, dem Magnete Funken entlockt, eine Wünschelruthe für die Tiefen des Meeres und ein Thermometer für dessen Abgründe geschaffen, es hat die Geschwindigkeit des Blitzes gemessen und gelehrt, unsere Gedanken mit der Geschwindigkeit des Blitzes an die fernsten Orte der Erde zu versenden, es hat durch die Elektricität Berge versetzt und Felsen in der Tiefe des Meeres gesprengt, Schiffe in Bewegung gebracht und Kupferstiche und Statuen gebildet; das neunzehnte Jahrhundert hat das Festland von Amerika in eine Insel verwandelt und den magnetischen Südpol wie den magnetischen Nordpol entdeckt. (Ein Thor hat auf dem letzteren die Flagge des hochmüthigen England aufgepflanzt, als ob dieser Punkt nicht so wandelbar wäre, als die Größe seines Vaterlandes.)

Das neunzehnte Jahrhundert hat die Chemie auf den Kopf gestellt, die alten Elemente in zusammengesetzte Körper verwandelt und aus den zusammengesetzten Körpern 55 Elemente geschaffen, es hat Diamanten machen und Diamanten verbrennen gelehrt, es hat das Sonnenfeuer an Kraft und das Sonnenlicht an Helligkeit überboten, es hat Brücken über Flüsse und Meeresarme hoch in der Luft schwebend gebaut und Chausseen und Eisenbahnen über breite Thäler und unter breiten Strömen hinweggeführt, so daß Kriegsschiffe über Reitern und Fußgängern fortsegeln und Frachtwagen über Kriegsschiffen hinwegfahren, es hat die Leuchtkraft von der Kohle getrennt und ihr die Hitze gelassen, so daß man mit dem Coaks die Lokomotiven heizt, mit deren Licht man die Städte beleuchtet, das neunzehnte Jahrhundert hat den Zeichner, ja den Maler gelehrt, seine Schöpfung ohne einen Kopisten zu vervielfältigen (Lithographie und Oeldruck) und das Bild

im Spiegel festzuhalten (Lichtbilder), es hat alte untergegangene Erfindungen von neuem gemacht, so die Mumification, die Purpurfärberei, die Glasmalerei, es hat den Menschen gelehrt auf dem Meeresgrunde wandeln, gleich den Seeschildkröten, und sich über die Wolken zu erheben gleich dem Condor, es hat den regelmäßigen Umlauf der Cometen und ihr erborgtes Licht gezeigt; durch die zu ihrem Gipfelpunkte ausgebildete Mathematik und die derselben entsprossenen Ideenverbindungen den menschlichen Geist in die fernsten Himmelsräume geführt und von ihnen Besitz genommen, den Menschen gelehrt, 200 Millionen Meilen jenseits des Uranus neue Planeten durch Rechnung zu finden und es hat ihn endlich gelehrt, so treffliche optische Instrumente zu machen, daß er damit die errechneten Planeten und noch einige dreißig andere wirklich sehen konnte.

Es ist in diesem Jahrhundert wohl Großes geschehen und es lohnt schon der Mühe, dasselbe kennen zu lernen, aber es lohnt nicht nur der Mühe, es ist in unserer Zeit sogar nöthig und unerläßlich, in unserer Zeit, in welcher die Naturwissenschaften so tief in das Volksleben eingedrungen sind, daß nachgerade schon jeder Scheerenschleifer von den Eigenschaften seiner Steine, jeder Schmied von dem Unterschiede der Steinkohlen, Holzkohlen, Coaks und Braunkohlen vernünftig spricht, und der Besitzer oder Dirigent einer größeren Fabrik sich schämen würde, wenn er die Gesetze der Naturkräfte, mit denen er zu thun hat, nicht gehörig kennte und zu definiren wüßte — in unserer Zeit, in welcher die Färber, Brauer, Gerber, Maschinenbauer, der Gürtler oder Bronceur, der Pianoforte- wie der Wagenfabrikant, der Tuchmacher wie der Glasschleifer ihr Gewerbe nicht mehr betreiben können, wenn sie nicht die Grundsätze kennen, nach denen sie arbeiten müssen, wenn sie mit Vortheil arbeiten wollen.

In einer solchen Zeit sind populäre Bücher über einzelne Theile, oder über das Ganze der Naturlehre an ihrem Platz, eine Wahrheit, welche so sehr anerkannt ist, daß es auch keinesweges an sogenannten populären Werken, von dem kleinen Büchelchen vom Professor Erb, das vor 40 Jahren erschien, bis zu Marbachs populärem physikalischem Wörterbuch, fehlt — allein diese Werke alle sind nur dem Namen nach populär und keinesweges ihrem Inhalte nach, der Verfasser hat sich immer auf dem Standpunkte des Gelehrten erhalten, der selbst das Geschriebene sehr wohl versteht, aber sich nie auf den Standpunkt des Lernenden gestellt, welcher von der Physik noch keine Begriffe hat und dieselbe, auch ohne die nöthigen Vorkenntnisse in der Mathematik zu besitzen, lernen will.

Wissenschaftlich kann man die Physik nicht ohne Mathematik behandeln, populär gehalten muß aber das Werk so geschrieben sein, daß der Laie in

diesem Fache des menschlichen Wissens gar nicht bemerkt, wie Mathematik zum Verständniß der Physik nöthig sei — der Gelehrte von Fach muß das Buch mit Widerwillen von sich werfen, der Laie es mit Liebe aufheben und als seinen treuen Führer, Rathgeber und Freund erkennen.

Auf diesen Standpunkt hat sich der Verfasser zu stellen gesucht, dieses Ziel hat derselbe vor Augen gehabt; möge sich der Leser daher auch nicht durch die Kritik irre machen lassen, welche das Buch vielleicht ein unwissenschaftliches nennt — das Factum an sich kann richtig und das Buch doch ein nützliches, und gerade jemehr es dem Gelehrten mißfällt, desto mehr ein seinem Zweck entsprechendes sein. Durch eine Reihe von Jahren hat der Verfasser populäre Vorlesungen über die verschiedensten Theile der Naturlehre gehalten, und hat das Glück gehabt, selbst im mündlichen Vortrage, der schnell vorübergeht, verstanden zu werden, er hofft, daß er in der Schrift, welche gelesen und wieder gelesen werden kann, nicht unverständlicher sein wird.

Wer die Naturwissenschaften studiren will, um Professor der Physik zu werden, wird wahrscheinlich mit der Mathematik anfangen, und durch die einfacheren Erscheinungen der allgemeinen Naturlehre zu den zusammengesetzteren fortschreiten müssen, um so vorbereitet zu den schwierigsten Problemen zu gelangen, um diese, wenn auch nicht zu lösen, da sie vorläufig noch immer Probleme sind — doch wenigstens gründlich zu erfassen, vielleicht zu verstehen.

Wer die Naturwissenschaften studirt, um einen, den gebildeten Mann zierenden, ja eigentlich für den Begriff „gebildeter Mann" nöthigen Grad von Kenntniß der Naturerscheinungen und der Gesetze, nach denen sie vor sich gehen, zu erlangen, der kann einen völlig entgegengesetzten Weg einschlagen. Wenn man ein Haus bauen will, muß man mit Legung des Fundamentes anfangen, wenn man ein Haus zeichnen will, kann man sein Werk sehr wohl vom Dache beginnen, es wird sicher nicht einstürzen, auch wenn es noch keine Stützen hat.

Es ist dieser Weg, wie ungerechtfertigt er erscheint, doch nicht ganz willkührlich gewählt — man kann vom Besonderen zum Allgemeinen durch Abstraction eben so gut gehen, wie vom Allgemeinen zum Besonderen. Wo aber die Begriffe selbst durch das gewaltige, unaufhaltsame Fortschreiten sich so geändert haben, daß das Allgemeine zum Besonderen und umgekehrt wird, da ist dieser Weg fast geboten.

So aber ist es in der Physik. Man umfaßte mit der Lehre von den allgemeinen Eigenschaften — Schwere, Undurchdringlichkeit, Adhäsion,

Cohäsion rc., und in das Reich der besonderen verwies man Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus. Jetzt steht die Angelegenheit durchaus anders, Schwere, Undurchdringlichkeit rc. sind nicht die allgemeinsten Eigenschaften, denn die Dynamiden, Elektricität rc. nehmen nicht daran Theil; in demselben Raume, durch einander hindurchgehend, können Magnetismus, Wärme, Licht und Elektricität wirken, können sie durch die Luft, das Wasser, die festen Körper hindurch wirken, werden sie durch die Schall- oder sonstigen Wellen nicht gestört. Ja, es hat den Anschein, als könnten auch wirkliche Körper einander durchdringen, wie die Luft- und Dampfarten einander denn nicht verdrängen, sondern in einen mit Sauerstoff erfüllten Raum noch Stickstoff oder Wasserdampf oder Wasserstoff bringen kann, ohne den ersteren zu vertreiben.

Umgekehrt sind aber Elektricität, Magnetismus rc. ganz allgemeine Eigenschaften der Körper; es giebt kein Ding auf der Erde, das nicht warm wäre — auch das gefrierende Quecksilber ist noch warm, denn da es noch kälter werden kann, so muß es doch noch diejenige Wärme haben, die ihm entzogen wird; es giebt keine Finsterniß — auch der tiefste Keller, auch der unterirdische Gang, welchen der Maulwurf gräbt, hat noch Licht genug für diesen oder für die Katze und andere nächtliche Thiere, ja der Mensch selbst kann durch lange Gewöhnung sein Auge so empfindlich machen für den schwächsten Eindruck des Lichtes, daß er da lesen kann, wo der andere absolute Finsterniß herrschend glaubt, welche traurige Erfahrung ein Gefangener der Bastille machte, der, vierzig Jahre lang eingekerkert im völlig lichtlosen unterirdischen Kerker, dort nicht nur schreiben, sondern lesen lernte, dessen Auge aber so empfindlich wurde, daß es bei seiner endlichen Befreiung das Licht durchaus nicht mehr zu ertragen vermochte, und er in seinen Kerker zurückgebracht zu werden verlangte.

Nicht anders ist es mit Elektricität und Magnetismus, welche unaufhörlich wirksam sind, selbst da, wo man sie gar nicht wahrnimmt. Magnetismus erregt Wärme und Elektri ität, und Wärme erregt Magnetismus und Elektricität und Licht, und Elektricität erregt Licht und Wärme und Magnetismus, solchergestalt daß man die Gruppe von den vier allgemeinsten Eigenschaften der Körper gar nicht trennen kann.

Hätten wir den Magnetismus — welcher sich freilich den Sinnen viel mehr entzieht, als die Elektricität — solchergestalt gekannt wie diese letztere — hätten wir ihn zuerst kennen gelernt und ausgebeutet, statt es zuletzt zu thun, so würden wir die ganze Nomenclatur dieser Lehren verändert haben, es wäre dann nicht von elektrischen, sondern von magnetischen Verbindungen und Zersetzungen, von magnetischen Strömungen, magnetischem

Lichte, magnetischen Funken und Schlägen, magnetischen Erwärmungen und Lichtpolarisationen die Rede, denn alle diese Erscheinungen werden auf das Allereinfachste bloß dadurch erzeugt, daß Körper magnetisch werden und aufhören es zu sein, sowie gegentheils jede elektrische Erscheinung von der entsprechenden magnetischen begleitet ist; — und 2000 Jahre dauerte es, ehe man dazu gelangte, dies alles zu entdecken, während welcher Zeit, sowie jetzt, die magnetische Kraft immer in der vollsten Thätigkeit war. Die Erde ist ein mächtiger großer Magnet, fast entschieden ist anzunehmen, daß dieser Magnet ein Elektromagnet ist, erregt durch elektrische Strömungen, welche ihn fortwährend umkreisen, und diese sind wahrscheinlich durch die ungleiche Erwärmung der Erde von Seiten der Sonne hervorgebracht, und das Nordlicht ist vermuthlich solch' magnetisches Licht, was wir nur elektrisches noch aus Gewohnheit nennen, denn es entsteht immer bei einer etwas auffallenden Aenderung des Magnetismus der Erde, daher uns die feine Magnetnadel auch vorzugsweise Kunde davon giebt — nicht das Nordlicht bringt die Nadel zum Schwanken, sondern wenn die Nadel durch Aenderung des Magnetismus schwankt, so verkündet sie ein Nordlicht.

So sind wir vielleicht noch von hundert wunderbaren, mächtigen Kräften umgeben, welche fortwährend auf uns einwirken, ohne daß wir davon eine Ahnung haben, weil unsere Sinne dafür noch nicht aufgeschlossen sind, und darum müssen wir beobachten und immer wieder beobachten, vielleicht finden wir noch etwas Neues. Des Verfassers größte Freude würde sein, wenn er irgend Jemand dazu veranlaßte, das Studium der Physik zu seinem Hauptfache zu machen, denn jede Anwerbung zu dieser Fahne verstärkt das Heer der Beobachter und vermehrt die Kräfte derselben, und darum, um die Leser zu bestechen, ihnen das Schönere, Fesselnde zuerst zu bieten, will der Verfasser sein Buch mit der Lehre von den Imponderabilien anfangen, die Zeichnung des Hauses vom Dache beginnen, er denkt von demselben, welches hoch und frei in der Luft schwebt, einen schönen Ueberblick über das ganze Feld zu gewinnen.

Von der Elektricität.

Aelteste naturwissenschaftliche Geheimlehre.

Das griechische und römische Alterthum, soweit wir dasselbe von seiner wissenschaftlichen — und vorzugsweise naturwissenschaftlichen Seite kennen, erscheint der Beobachtung, der Forschung, dem Experimentiren nicht geneigt. Es wurde den alten Naturphilosophen irgend eine Erscheinung bekannt (gewöhnlich durch den großen Entdecker Zufall), sie dachten darüber nach, was wohl der Grund der Erscheinung sein möge, aber sie bemächtigten sich der Thatsache selbst nicht, sie suchten nicht weiter, sie verglichen nicht; darum stand die Erscheinung auch als etwas Vereinzeltes da, ganz ohne Zusammenhang mit anderen Naturerscheinungen. Wir haben Nachricht von mannigfachem Wissen der Alten, jedoch keine von einer Wissenschaft. Die Erkenntniß der Natur, wie wir sie jetzt auffassen und erstreben, war ein ihnen völlig fremder Gedanke; in der Priesterkaste allein waren Geheimlehren, wahrscheinlich traditionell, aufbewahrt, welche dem Laien nicht mitgetheilt werden durften, bei Todesstrafe, die an dem Verräther der Geheimnisse mitleidslos vollzogen wurde und nicht selten auch den traf, dem das Geheimniß übertragen war.

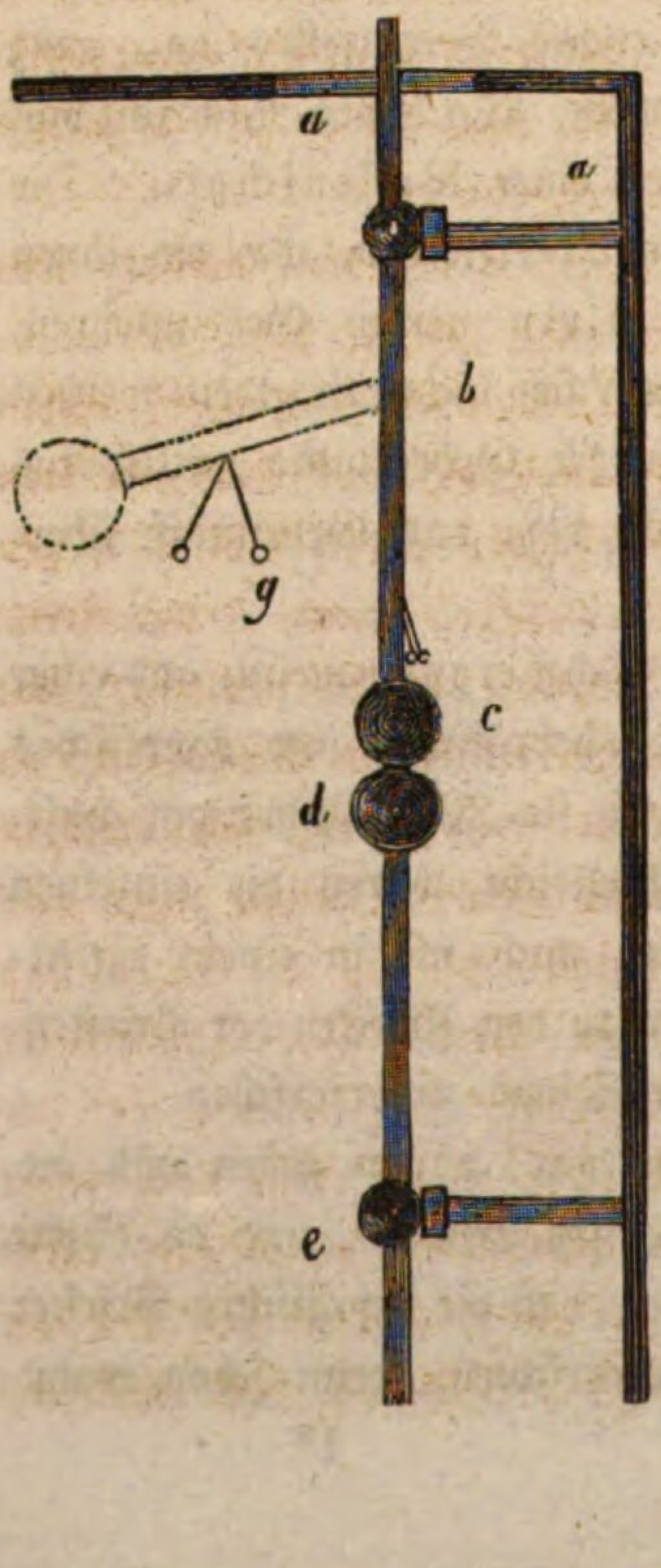
Vielleicht stammten diese Geheimlehren, wie Schweigger meint, aus einer Urphysik her, aus einer Zeit, welche für unser hebräisches und ägyptisches Alterthum „das Alterthum" war, wenigstens war sie 2000 Jahre vor unserer Zeitrechnung nicht mehr vorhanden. Vielleicht waren die einzelnen Bruchstücke von Kenntniß der Naturkräfte aber auch nie in einem eigentlichen Zusammenhange gewesen, und wurden nur zu den Zwecken der Priesterkaste verwendet, nicht aber um die Natur der Dinge zu erforschen.

Daß solche vereinzelte Kenntniß vorhanden war, davon geben uns antiquarische Forschungen großer Gelehrten die sichersten Beweise, und es dürfte nicht zu gewagt erscheinen, wenn man behauptet, daß die hebräischen Priester die Wolken- oder Luftelektricität kannten und beherrschten, wenn schon wahr-

scheinlich sie nicht wußten, was sie thaten, sondern nur das Gelernte mechanisch übten. Wer nämlich die Beschreibung der Bundeslade und der Stiftshütte in dem zweiten Buch Moses im 25. und den folgenden Kapiteln liest mit dem Auge eines Naturforschers und diese vergleicht mit den Stellen des 9. und 10. Kapitels des dritten Buches, woselbst des Opfers gedacht wird, das durch Feuer vom Himmel verzehrt wird, und der Söhne Aarons, welche sich der Bundeslade nahen und durch hervorbrechendes Feuer getödtet sind, ferner mit der Stelle des 16. Kapitels des 4. Buches, da die 250 Männer der Rotte Korah getödtet wurden durch Feuer, welches von dem Herrn (d. h. dem auf der Bundeslade thronenden) ausfuhr — der kann nicht umhin zuzugestehen, daß die Bundeslade ein mächtiger elektrischer Apparat gewesen sein dürfte, geladen durch die, mittelst der hölzernen Säulen der Stiftshütte aufgefangene atmosphärische Elektricität. Apparate ähnlicher Art sind in neuerer Zeit gemacht und Richmann in Petersburg ist durch einen solchen, absichtlich aus den Wolken herabgelockten Funken erschlagen worden.

Richmann's Apparat.

Fig. 1.



Er hatte sich einen auf seinem Wohnhause errichteten Blitzableiter, möglichst vollkommen, durch starke massive Glasstangen isoliren und so leiten lassen, daß er durch sein Arbeitszimmer hindurchging. Die nebenstehende Zeichnung versinnlicht diesen Apparat. Bei *a* tritt die Metallstange durch eine weite Oeffnung in der Stubendecke, welche mittelst einer durchbohrten Spiegelglasscheibe verschlossen ist, in das Zimmer. Eben dort wird auch bei *a* die Metallstange in der Mauer befestigt, indem sie durch eine hölzerne Kugel läuft, welche von einer in die Wand des Zimmers eingesenkten Glasstange getragen wird. Auf dieselbe Art ist sie an mehreren Punkten, z. B. bei *e*, befestigt und schließlich wird sie wieder aus dem Zimmer geleitet, entweder ab- oder seitwärts, bis sie den Erdboden erreicht, in welchem sie so tief eingesenkt sein muß, daß sie niemals in trockener, sondern stets in feuchter Erde ruht.

Wenn der Apparat von *a* nach *e* ununterbrochen durch das Zimmer liefe, so würde er zu gar nichts brauchbar sein, denn er würde die Elektricität stillschweigend leiten und sie könnte sich höchstens dadurch wahrnehmbar machen, daß sie eine Magnetnadel von ihrer Richtung ablenkte; man will aber elektrische Spannung, man will elektrische Funken beobachten und dieses kann man an einem Leiter nur, wenn derselbe irgendwie unterbrochen ist. Deshalb läßt man die Leitungsstange bei *b* aufhören, so daß zwischen ihr und der Fortsetzung derselben von *d* ab nach dem Erdboden ein Zwischenraum von einem Fuß oder einer Elle bleibt. Dort oberhalb *b*, wo sie aufhört, ist ein Gelenk, ein Charnier angebracht, welches einen Arm trägt, der in eine Messingkugel endet, und welcher gerade so lang ist, daß, wenn er in der Richtung von *b* nach *d* herabhängt, die Kugel dieses Armes mit derjenigen Kugel, welche auf dem Ende der unteren Stange sitzt, zusammentrifft, sie genau berührt. Dies wäre durch die Zeichnung *a*, *b*, *c*, *d*, *e* ausgedrückt, und es ist alsdann der Apparat von derselben Wirkung, als ob die Metallstange von *a* nach *e* gehend, aus einem Stück bestände.

Will man nun beobachten, so lenkt man den beweglichen Theil dieses Leiters aus seiner Richtung von *bc* nach *bg*, alsdann ist zwischen *g* und *d* ein Zwischenraum, der obere Theil *gba* u. s. w. ist isolirt und die in ihm etwa angehäufte Elektricität zeigt sich entweder in den Holundermarkkügelchen *g*, indem sie dieselben auseinander treibt, oder sie zeigt sich stärker werdend, in Funken, welche zwischen *g* und *d* erscheinen.

Dieser Vorgang war es, welchen Richmann beobachten wollte; sein Apparat war aber unvollkommen, es war dabei alles gethan, um der atmosphärischen Elektricität Gelegenheit zu geben, sich möglichst zu häufen, nichts aber um sie abzuleiten. Als nun der wackere Gelehrte (der übrigens sehr wohl die Gefahr ahnte, ihr aber, wie er selbst sagte, seines Amtes wegen mit Unerschrockenheit entgegentrat) am 6. Aug. 1753 bei einem in der Ferne aufsteigenden Gewitter, dessen Donner schon deutlich hörbar wurde, mit einem Freunde, dem Kupferstecher der petersburger Akademie Sokolow, zu seinem elektrischen Apparat eilte und, um ihn zu beobachten, sich dagegen bückte, fuhr ein Blitz aus dem Ende des isolirten oberen Theiles gegen das Haupt des Beobachters. Der weißbläuliche Feuerstrahl traf die Stirn und hinterließ daselbst einen mit Blut unterlaufenen Fleck. Der Unglückliche stürzte todt nieder und auch Sokolow wurde beschädigt und betäubt, bei der Untersuchung der Leiche Richmanns ergab sich, daß er am Leibe noch einige Brandflecke hatte und daß, wie es schien, die Elektricität durch den linken Fuß in den Erdboden gedrungen war, denn an diesem zeigte sich wie an der Stirn ein mit Blut unterlaufener Fleck und der Schuh war zerrissen,

ohne daß übrigens der Strumpf auf irgend eine Weise verletzt worden wäre. Der Körper war nächstdem innerlich auf mannigfache Weise beschädigt und er gerieth innerhalb zweier Tage vollständig in Fäulniß.

Die gläsernen Isolirungen des Apparates waren zersplittert, und von dem Metall flogen geschmolzene, weiß glühende Tropfen umher, welche in Sokolows Kleider an mehreren Stellen Löcher oder Striemen gesengt hatten.

An mehreren Orten, so z. B. in dem herzoglichen Schlosse zu Gotha, sind ähnliche Einrichtungen zur Beobachtung der Luftelektricität getroffen, doch ist dabei mit mehr Vorsicht zu Werke gegangen und darum sind sie minder gefährlich für den Experimentator; immer aber ist es ein verwegenes Spiel, welches der Mensch treibt mit einer gewaltigen, nicht leicht zu bändigenden Himmelskraft. Selbst ein guter, ununterbrochener Blitzableiter, eine starke Eisenstange vom Dache des Hauses bis in den Erdboden gehend, darf während eines Gewitters nicht berührt werden, ohne daß tödtliche Folgen zu befürchten sind.

Blitzableiter auf dem salomonischen Tempel.

Daß in dem jüdischen Alterthum solche vereinzelte Kenntniß physikalischer Erscheinungen bekannt war (natürlich nur der Priesterkaste, dem Stamme Levi und zwar nur den Auserwählten desselben), geht sowohl aus den Wundern hervor, welche die ägyptischen Priester und Moses thaten, als aus manchen anderen Erscheinungen und Thatsachen.

Der salomonische Tempel giebt Kunde davon, daß man zu jener Zeit metallene Spitzen als Blitzableiter angewendet; es standen dergleichen Metallspitzen nämlich in großer Menge auf dem metallenen Dache des Tempels (angeblich um die Vögel abzuhalten, sich darauf zu setzen und das Heiligthum zu verunreinigen), welches durch große kupferne Röhren das Regen- und Thauwasser in das Innere des Felsens, auf dem der Tempel stand, ergoß, und welches dadurch zugleich zu dem vortrefflichsten Blitzableiter wurde. Michaelis in Göttingen kam auf diese merkwürdigen Schlußfolgerungen, weil er bei der freien poetischen Uebersetzung des 29. Psalmes auf die Stelle:

„Indessen singt man Dir, Jehova, Lieder
In Deinem sichern Heiligthum;
Dein Tempel schallt von allen Enden wieder
Du Donnernder von Deinem Ruhm."

stieß, welche ihm anzudeuten schien, daß der Sänger der Sicherheit des Tempels sich bewußt gewesen. Er stellte die Beschreibung des Tempels mit der Thatsache zusammen, daß derselbe, in einem so gewitterreichen Lande,

wie Palästina hoch und einsam stehend, doch nie vom Blitz getroffen worden sei, und daß die gedachten Spitzen nicht, wie es zu dem erwähnten Zwecke genügend gewesen wäre, etwa Drahtstifte, sondern klafterlange Metallstangen (also recht eigentliche Blitzableiter) waren, was zwar nirgends gesagt ist, doch aus des jüdischen Geschichtsschreibers Josephus Angabe hervorgeht, da bei der Belagerung von Jerusalem durch die Römer unter Titus, durch die von allem Kriegsbedarf bereits entblößten Leviten (welche den Tempel vertheidigten) die Metallspitzen vom Dache abgebrochen und als Wurfspieße auf die stürmenden Feinde geschleudert wurden, wozu man allerdings Drahtstifte nicht benutzen kann. Alle die Wunder, welche die Mitglieder der Priesterkaste verrichteten, die Heilungen und Todtenerweckungen, welche sie übten, beruhen auf solchen einzelnstehenden Kenntnissen, auf solchen Bruchstücken einer untergegangenen Wissenschaft oder auf Thatsachen ohne inneren Zusammenhang — und wenn es wahr ist, daß Numa Pompilius dem Jupiter elicius (dem vom Himmel herabgelockten Jupiter) einen Tempel gebaut hat, in welchem er mit dem, als Blitzfunken erscheinenden Gotte sprach, so wußte doch er so wenig als sein Nachfolger Tullus Hostilius, der in eben diesem Tempel durch seine Unvorsichtigkeit wie Richmann in Petersburg vom Blitze erschlagen ward, daß diese Kraft mit der des geriebenen Bernsteins, welcher leichte Hälmchen Stroh und Spreu anzieht, und mit der des Raja torpedo, des Zitterrochens, der willkührlich elektrische Schläge ertheilt, identisch sei.

Aggregatzustand. Körper und Kräfte.

Wollen wir uns nicht einer gleichen Ungründlichkeit schuldig machen, so dürfen wir, bevor wir in der Geschichte der Elektricität weiter schreiten, nicht vergessen, ihren Standpunkt in der Physik anzugeben.

Die Physik beschäftigt sich mit der Erforschung der Eigenschaften der Körper und mit der Erforschung der Gesetze, nach denen die Kräfte wirken. Was ein Körper sei, weiß so ziemlich ein Jeder. Erde, Metall, Wasser, Luft, das sind Körper! — Die Schwere, vermöge deren ein Körper fällt, die Elasticität, vermöge deren eine krummgebogene Stahlfeder sich gerade zu strecken strebt und wirklich gerade wird, so wie der Druck nachläßt, das sind Kräfte!

Kräfte machen sich den Sinnen nicht bemerkbar, wir sehen nur ihre Wirkungen, nicht sie selbst; wir sehen, daß ein Wassertropfen am Glase hängen bleibt — das ist Adhäsion, aber wir können die Adhäsion nicht riechen, die Elasticität nicht schmecken, die Cohäsion nicht fühlen, die Schwere

nicht hören. Es giebt aber eine Kraft, welche wir hören, fühlen, sehen, riechen und schmecken können — sie heißt Elektricität; sie und ihre Verwandten, Magnetismus, Licht und Wärme zeichnen sich so sehr aus, unterscheiden sich von den übrigen Kräften so sehr, daß man sie in einer eigenen Klasse zusammenfaßt und von den übrigen Kräften ganz trennt, unter dem Namen Imponderabilien oder Dynamiden besonders betrachtet.

Man theilt alle Körper in feste, tropfbar flüssige und ausdehnsam flüssige. In einem der genannten drei Zustände befindet sich ein jeder Körper, man nennt ihn seinen Aggregatzustand; Eisen befindet sich im festen Aggregatzustande, Wasser im flüssigen, Luft im ausdehnsamen. Die mehrsten Körper können aus einem derselben in den andern übergehen. Wasser kann fest werden, dann ist es Eis, Wasser kann ausdehnsam werden, dann ist es Dampf.

Die alten Gelehrten Griechenlands sagten: alles auf Erden lasse sich unter ein Element bringen, deren überhaupt viere seien, Erde, Wasser, Luft und Feuer. Sie verstanden nicht das darunter, was wir darunter verstehen, sie verstanden den Aggregatzustand darunter und benannten den festen symbolisch Erde, den flüssigen Wasser, den ausdehnsamen Luft.

Was bedeutet denn aber Feuer? Hier sehen wir die Gelehrten des Alterthums uns vorangeeilt — wir kennen nur drei Aggregatzustände der Materie — sie nehmen einen vierten an, welchen wir jetzt auch anzunehmen gezwungen sind, den körperlosen, und diesen bezeichneten sie mit dem unköperlichen Feuer. Die Materie in ihrem unwägbaren Zustande, Elektricität, Magnetismus, Wärme, Licht und der Träger des Lichtes, Aether, gehören hierher; vielleicht lehrt uns die Zeit noch mehr solcher nicht materieller, nicht wägbarer Stoffe, deren Materialität sich doch schon um ihrer chemischen Wirkungen willen nicht ableugnen läßt, kennen, bis jetzt aber befinden wir uns in dem unangenehmen Zwiespalt, sie als Stoffe, die eigentlich bei weitem mehr Kräfte sind, oder sie als Kräfte, die sehr viel stoffliches haben, betrachten und deshalb, weil sie nicht in dieses noch in jenes Kapitel ganz passen, als etwas für sich bestehendes betrachten zu müssen.

Aelteste Kenntniß, die Elektricitätslehre betreffend.

Der eine dieser unkörperlichen Stoffe, die eine dieser materiellen Kräfte, die Elektricität, wird uns zunächst beschäftigen. Sie ward lange Zeit nur als ein Curiosum, als eine besondere Erscheinung an einem einzigen Dinge betrachtet. Damit fängt die Lehre von der Elektricität an; Thales von Milet sah sie am Bernstein (der auf griechisch Elektron heißt, und von

diesem nannte man die Kraft „Electricitas“ d. h. Bernsteinigkeit), und sagte, „es sei als ob eine Seele den Bernstein, wie den Magnetstein durchdringe, welcher Eisen anziehe, wie jener leichte Körperchen.“ Bei dieser Kenntniß blieb es, so viel wir wissen, stehen, denn die alten Gelehrten prüften nicht, versuchten nicht; es fiel Niemandem ein, auch andere Körper noch als den Bernstein zu reiben, es wäre doch natürlich gewesen, wenigstens dem Bernstein verwandte Substanzen, also etwa die Harze, den Copal zu reiben, da sie dann sogleich gesehen hätten, daß die Eigenschaft, leichte Körperchen anzuziehen, durchaus nicht allein dem Bernstein zukomme; aber was die Kinder der Eingebornen von Südamerika, von Mexico als Spiel treiben, das Reiben eines ölreichen Palmfruchtkernes, um damit trockene Pflanzensplitter anzuziehen, was unsere Kinder mit dem Siegellack und dem Colophonium thun, die Versuche auch wohl mit einem Messer oder einem Bleistift erfolglos wiederholend, das thaten die alten Naturphilosophen nicht, obwohl sie eine Aufforderung dazu in dem Umstande hatten, daß ihnen selbst ein zweiter Körper bekannt war, der die nämliche Eigenschaft hatte. Theophrast von Eresus nennt diesen den „Lynkurer.“ Was das für ein Körper gewesen, ob der Turmalin oder ein anderer Edelstein, kann nicht ermittelt werden, allein dies ist auch ganz gleichgültig, es war eine andere Substanz als der Bernstein, die Eigenschaft desselben, leichte Körper anzuziehen, war also nicht isolirt, und dennoch suchte man nicht weiter!

Wie wenig geneigt die Alten dem Experimentiren waren, geht aus der Erzählung des Plinius von dem Zitterrochen hervor; dicitur, agunt, fertur, narratur, „man sagt, es wird erzählt, daß er heftige Erschütterungen gäbe, wenn man ihn unvorsichtig anfasse.“ Plinius durfte nur einen Sklaven auf den Markt schicken, um einen solchen Fisch, der damals wie jetzt zu Neapel feil gehalten wurde, kaufen zu lassen und zu versuchen, ob wahr sei was man erzähle; allein dies lag nicht in den damaligen Naturkundigen und so blieb mehr als zweitausend Jahre die Erscheinung, daß geriebener Bernstein leichte Körper anziehe, alleinstehend oder allgemeiner gesagt, es lagen die Wissenschaften in einem mehr als zweitausendjährigen Schlafe, bis wir plötzlich durch den Engländer Gilbert (1633) erfahren, daß jene Eigenschaft nicht dem Bernstein allein, sondern auch noch allen Harzen, dem Schwefel, den verschiedenen Glasarten und den Edelsteinen, dem Alaun und dem Steinsalze zukomme.

Noch war die Neigung zu versuchen und zu untersuchen zu neu, noch war die Verbindung zwischen verschiedenen Ländern verschiedener Zunge zu schwierig (und wohl schwieriger und langsamer wie jetzt zwischen den entferntesten Welttheilen), als daß jene „neue Physiologie vom Magneten“

wie Gilbert sein lateinisch geschriebenes Buch nannte, so blitzähnlich hätte zünden können, wie gleich Wichtiges jetzt thun würde, und wie Oersteds Entdeckung des Electromagnetismus im Jahre 1820 gethan hat, es blieb das um Einiges erweiterte Wissen, auf die Stube des Gelehrten beschränkt, bis Otto v. Guerike sein berühmtes Werk, Experimenta Magdeburgica (1671) herausgab.

Der gelehrte Bürgermeister von Magdeburg ist nicht nur der Erfinder der Luftpumpe, sondern auch der eigentliche Begründer der Elektricitätslehre und der Erfinder der Elektrisirmaschine (wenn schon in einer noch höchst unvollkommenen Gestalt), indem er statt der geriebenen Harz- oder Glasstange eine Schwefelkugel anwandte, welche auf einer Axe befestigt, in einem Gestelle drehbar, durch die daran gehaltene Hand eines Tagelöhners gerieben wurde, wobei man nicht selten die naive Klage vernimmt, daß die verschiedenen, als Reibezeuge gebrauchten Hände verschieden auf die Kugel wirkten, durch die eine Hand viel, durch die andere Hand wenig, durch eine dritte gar keine Elektricität erregt werde — nicht der mehr oder minderen Trockenheit oder Feuchtigkeit der Handfläche, sondern der Persönlichkeit des Reibenden wurde dies zugeschrieben.

Otto v. Guerike entdeckte mit dieser Elektrisirmaschine eine neue Thatsache. Daß leichte Körperchen angezogen wurden, wußte man; daß sie sich dadurch mit Elektricität erfüllten, dann abgestoßen und von eben dem elektrisirenden Körper nun nicht mehr angezogen würden, als bis sie mit einem anderen nicht elektrischen Dinge in Berührung gekommen — dies entdeckte er. Das war also Mittheilung und Entziehung, Ladung und Entladung, das war auch schon Abstoßung gleichnamiger Elektricitäten, wenn schon erst sehr viel später der Begriff von gleichnamigen und ungleichnamigen Elektricitäten gefunden wurde.

Eine andere, nicht minder wichtige Entdeckung schloß sich hieran. Er sah die geriebene Schwefelkugel im Dunklen leuchten, er hörte dabei ein knisterndes Geräusch, welches beides, wie schwach es auch sein mochte, doch bald den Gedanken einer Aehnlichkeit zwischen dieser Erscheinung und dem Blitz und Donner hervorrief, die sich später in völlige Identität verwandeln sollte.

Noch war die Aufmerksamkeit der Physiker zu wenig rege, auf die Thatsachen und die Vergleichung zwischen denselben noch nicht so ausschließlich gerichtet, wie jetzt; noch war das alte, morsche Gebäude der peripathetischen Naturlehre nicht hinreichend erschüttert, deshalb rückte die ganze Lehre von der Elektricität nur langsam vorwärts; man kannte vorläufig nur zweierlei Körper, solche, die durch Reibung elektrisch werden, wie die oben

genannten, und solche, die es nicht werden, wie Metalle, Leinwand, Holz, feuchte Substanzen; eine Eintheilung, welche dem jetzigen Stande der Wissenschaft durchaus nicht angemessen ist, da alle Körper durch Reiben elektrisch werden — aber bald, schon am Anfange des 18. Jahrhunderts, änderte sich dies, rückte man einen gewaltigen Schritt vorwärts. Stephan Grey, ein Engländer, entdeckte nämlich, daß nicht blos eine geriebene Glasröhre, sondern auch der in ihr steckende Kork leichte Körper anziehe; er setzte die Versuche fort, indem er eine Schnur von einem, von ein paar Fuß, von einigen 30 Fuß Länge an dem Kork befestigte und immer sah, daß Spreu und dergl. von dem letzten Ende der Schnur so gut angezogen wurde als von der Glasröhre selbst. Er hing nunmehr eine Schnur von 666 Fuß Länge an seidenen Fäden auf und auch diese *) gab dieselben Erscheinungen, wodurch und durch die Bemerkung, daß durch Schnüre von Wolle und von Thierhaaren**) eine solche Fortleitung nicht geschehe, der Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern festgestellt wurde, worauf es eigentlich in der Lehre von der Elektricität ankommt, wenn schon es weder absolute Leiter noch absolute Isolatoren (Nichtleiter) giebt, indem selbst der beste Leiter, ein Golddrath z. B. der Fortleitung der Elektricität noch einiges Hinderniß in den Weg legt, sowie der beste Isolator doch nicht vollkommen isolirt, sondern eine, wenn auch geringfügige Leitung gestattet.

Die Art, wie diese Versuche gemacht wurden, ist höchst lehrreich; sie zeigt wie Aufmerksamkeit auf die kleinsten Umstände nöthig ist, und wie sie zu unerwarteten Resultaten führt. Grey's Hanfschnur war an Bindfaden aufgehängt. Die Versuche gelangen nicht. Sein Gehülfe Granville Wheeler schlug Seidenfäden dazu vor, welches Grey annahm, weil sie dünner waren als die gebrauchten Bindfaden. Bei Verlängerung der Schnur rissen die Fäden, mittelst deren aufgehängt, die Leitungsversuche gelangen; nun nahm man eben so feine Drähte, da gerieth wieder kein Experiment, obwohl die Drähte eben so dünn waren als die Seidenfäden, man mußte also zu diesen zurückkehren und sie stärker nehmen, und siehe alles gelang wieder vollkommen wie früher, es zeigte sich hier also, daß nicht die Ausdehnung, sondern daß die Substanz einen Unterschied bedinge. ***)

Dove sagt a. a. O.: „Ein Jeder erkennt in dem horizontalen Bindfaden den Kupferdraht längs den Eisenbahnen, und in den seidenen Schnü-

*) Dr. Dove's mit wahrhaft poetischem Geiste geschriebene Abhandlung über Elektricität. Berlin 1848 bei Reimer.

**) Gehlers phys. Wörterbuch. Artikel „Elektricität", Geschichte ders.

***) Geschichte der Erfindungen. I. Bd. Leipzig 1783.

ren die trockenen Holzstangen, über welche er geführt ist um ihn von der Erde zu isoliren. Wenn es stark thauete, gelangen Grey seine Versuche nicht, auch ist das Telegraphiren schwieriger, wenn ein starker Regen die Stangen genäßt hat."

Eine Menge Körper wurden nun in Beziehung auf ihre Leitungsfähigkeit geprüft. Ein lebendiges Hühnchen an Seide aufgehängt und in Verbindung mit einem elektrischen Körper gebracht, wurde selbst elektrisch. Diese außerordentliche Erscheinung ließ auf eine ähnliche Fähigkeit anderer organischer Körper schließen und bald hängt ein Knabe an seidenen Schnüren und zeigt dem erstaunten Grey, der seine Glasröhre an dessen Füße hält, eine elektrische Anziehung für Metallblättchen, die seinem Kopfe genähert werden. Eine Seifenblase zeigt ihm die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit, wie erstaunt er aber, als das mit der geriebenen Glasröhre in Verbindung gesetzte Wasser sich seinem Finger entgegen hebt und aus der Spitze des kleinen Wasserberges ihm ein heller, knisternder Funke entgegen springt.

Diese Lichterscheinung sah bald darauf du Fay und Nollet an lebenden Körpern. Eine schwarze, auf ein seidenes Kissen gesetzte Katze gab, wenn ihr über das Fell gestrichen wurde, Funken und zeigte dabei durch ihre Geberden, wie schmerzhaft sie ihre Leitungsfähigkeit empfinde. Nun hängt sich du Fay selbst in ein seidenes Netz, aber wer beschreibt sein und Nollet's Entsetzen, als dieser bei der Berührung aus du Fay's Körper einen feurigen Funken in seinen Körper springen sieht und beide dabei einen stechenden Schmerz empfinden. Feuer aus Wasser und dem menschlichen Körper hervorbrechen zu sehen, war in der That so neu, daß man es sehen mußte um es zu glauben.

Der durch diese und hundertfältig wiederholte andere Versuche ermittelte Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern der Elektricität, besteht vorzugsweise darin, daß die dem Leiter mitgetheilte Elektricität sich über seine ganze Fläche in einem für uns ganz untheilbaren Zeitmoment verbreitet, und eben so schnell ihm entzogen werden kann, während man einem Nichtleiter die Elektricität nur stellenweise zu geben im Stande ist, und von ihm die etwa durch Reibung erregte Elektricität ebenso auch nur stellenweise hinwegnehmen kann, dergestalt daß, wenn eine geriebene Glasstange an beiden Enden ableitend berührt wird, sie doch noch in der ganzen Ausdehung zwischen den Berührungspunkten elektrisch bleibt, so wie umgekehrt, die Enden elektrisch bleiben, wenn man sie in der Mitte anfaßt.

Dies ist von großer Bedeutung für die Lehre von der Elektricität, es macht das Ueberführen von einer Stelle auf die andere, es macht das

Sammeln derselben möglich, man kann dadurch die Elektricität, welche auf vielen Punkten einer Harz-, einer Schwefelkugel, eines Glascylinders erregt wird, auf einem Leiter von Metall sammeln, und die ganze Masse auf einmal zur Wirkung bringen.

Dies that Bose in Wittenberg, der an die durch Winkler in Leipzig verbesserte Elektrisirmaschine des Guerike (er nahm an Stelle einer Schwefelkugel eine Glaskugel und für die bald feuchte, bald warme Hand ein Reibekissen von weichem Leder) eine blecherne Röhre fügte, die er zuerst von einem Menschen, der auf einem Harzkuchen stand, halten ließ, dann aber an seidenen Fäden vor der Elektrisirmaschine aufhing, durch welche Verbesserung man schon so lebhafte Funken erhielt, daß Dr. Ludolf bei der ersten Sitzung der von Friedrich dem Großen begründeten Akademie der Wissenschaften am 23. Jan. 1744 zur außerordentlichsten Ueberraschung des ganzen anwesenden Hofes Schwefeläther durch denselben entzünden konnte. „So zündete das in Magdeburg aufgegangene Licht erst 73 Jahre später und zwar zuerst in Berlin." *)

Noch viel gewaltiger war aber die Ueberraschung der gelehrten Welt durch die im Jahre 1744 durch den Domherrn v. Kleist zu Camin in Pommern, und darauf nochmals ein Jahr später wieder selbstständig durch Cunäus in Leiden gemachte Entdeckung der Verstärkungsflasche.

Man elektrisirte damals alles mögliche, Menschen und Thiere, Pflanzen und leblose Sachen, um zu erfahren, was aus ihnen werden würde durch das Elektrisiren. Kleist elektrisirte auf diese Weise auch Quecksilber, das er, in einem Fläschchen befindlich, mit seiner Hand an die Maschine brachte. In dem verschließenden Kork stach ein Nagel, durch welchen die Elektricität zu dem Quecksilber geleitet wurde. Als Herr v. Kleist diesen Nagel berührte, erhielt er einen gewaltigen, erschütternden Schlag, welcher ihm bis in die Schultergelenke ging. Cunäus machte dieselbe Entdeckung, ohne von der Kleist'schen zu wissen, indem er ein großes Zuckerglas mit Wasser füllte, einen Draht hineinsteckte um die Elektricität zuzuleiten, es dann in seinen Arm nahm und nun die Elektrisirmaschine in Thätigkeit setzte, während der Draht an den Conductor gehalten wurde. Als er nun den Draht herausnehmen und das elektrisirte Wasser sich selbst überlassen wollte, bekam er einen solchen Schlag, daß er vor Entsetzen das große Glas fallen ließ, welches in Trümmer ging. Die Verstärkungsflasche heißt von dem einen Erfinder die Kleist'sche, und nach dem Wohnorte des andern die Leidner Flasche.

---

*) Dove a. a. O.

Das von einem der größten Gelehrten seiner Zeit, dem alten Traugott Gehler herausgegebene und für die Geschichte der Physik unschätzbare Wörterbuch giebt auch über diese Erfindung die interessantesten Einzelnheiten. Er sagt: Die Ehre, eine so wichtige Entdeckung gemacht zu haben, die alle Naturforscher in Staunen setzte und dem Studium der Elektricität ein neues Leben gab, gehört ganz unstreitig einem deutschen Prälaten, dem Herrn v. Kleist, Dechanten des Domkapitels zu Camin in Pommern, welcher am 11. Octbr. 1745 die verstärkte Electricität entdeckte, am 4. Nov. darauf dem Dr. Lieberkühn in Berlin, am 28. November dem Prediger Swietlitzky in Danzig und bald nachher dem Prof. Krüger in Halle Nachrichten gab, welche Lieberkühn der Akademie der Wissenschaften, Swietlitzki der Danziger naturforschenden Gesellschaft mittheilte und der Dritte schon im Jahre 1746 drucken ließ. Diese Nachrichten enthalten Folgendes: „Wenn ein Nagel oder Messingdraht in ein kleines Arzneiglas gesteckt und elektrisirt wird, so erfolgen besonders starke Wirkungen. Das Gläschen muß recht trocken und warm sein. Man kann es vorher mit Kreide abreiben. Thut man vorher ein wenig Weingeist oder Quecksilber hinein, so geht alles noch besser von statten. Sobald das Gläschen von der elektrischen Röhre (d. h. von dem Conductor) weggenommen wird, so äußert sich der leuchtende Strahlenbüschel und man kann mit dieser brennenden Maschine über 60 Schritt weit im Zimmer umher gehen. Wird während des Elektrisirens der Finger oder ein Stück Geld an den Nagel gehalten, so ist der herausfahrende Schlag so stark, daß Arme und Achseln davon erschüttert werden und man sollte kaum glauben, in welche Stärke die Elektricität gesetzt werden könne. Ist das Gläschen niedrig, so daß sich die haltende Hand nicht in so großer Entfernung von dem Nagel befindet, so schlägt der Funken von selbst auf den nächsten Finger zu; dünne Gläser sind ein paar Mal durch den heftigen Schlag zersprengt worden."

Man sieht hier ganz die neugierige Verwunderung über das noch nicht da gewesene in einer für uns beinahe drolligen Natürlichkeit ausgesprochen; was würde Krüger, von dem diese Beschreibung herrührt, gesagt haben, wenn er eine unserer jetzigen Flaschen entladen, was erst, wenn er die Wirkungen einer mäßigen Batterie gesehen hätte!

Gralath in Danzig machte nach einigen mißlungenen Versuchen schon bessere Flaschen, elektrisirte damit einen Kreis von 20 Personen; Abbé Nollet elektrisirte 130 Personen gleichzeitig und tödtete Thiere durch den Schlag, und rasch folgte eine Neuigkeit auf die andere.

Dove sagt: „Welchen ungeheuren Eindruck jene Erscheinungen auf die ersten Beobachter machten, geht aus den Beschreibungen hervor, welche uns

erhalten sind. Musschenbroek konnte sich erst nach zwei Tagen von dem Schreck erholen. „Einen zweiten solchen Schlag", schreibt er an Reaumur, „möchte ich nicht haben, auch wenn mir die Krone von Frankreich geboten würde." Winkler empfand nach dem Schlage Convulsionen im Körper, er befürchtete ein hitziges Fieber, denn „es lag ihm mehrere Tage wie ein Stein vor dem Kopfe." Dennoch konnte seine Frau die Neugierde nicht überwinden. Aber die Frau Professorin bekam eine solche Erschütterung, daß sie darauf kaum gehen konnte. Erst 14 Tage später wagte sie eine zweite Dosis, dann aber nie wieder. Bose wünschte an dem Schlage zu sterben, damit sein Tod in den Annalen der Pariser Akademie verzeichnet würde."

„Wie ein Lauffeuer verbreitete sich die Nachricht von dieser merkwürdigen Entdeckung über Europa, auf allen Jahrmärkten sah man damals diese Apparate in Thätigkeit, in Frankreich, dem conservativsten Lande der Welt, noch heute. *) Im Jahre 1845 habe ich (Dove) in den Champs-Elysées bei den Julifesten mir noch für einen Sou einen Schlag geben lassen, aber er machte nicht mehr den ursprünglichen Eindruck. C'est drôle, sagte mein Nachbar in der Kette, das war alles, von der Krone Frankreichs war nicht mehr die Rede."

Wenn nun schon durch diese und andere Hülfsmittel, welche wir im Verlauf der Mittheilungen über diesen Gegenstand kennen lernen werden, die Möglichkeit gegeben war, das Gebiet der Elektricität vielfach zu durchforschen, so ist man doch bis zu dieser Stunde noch nicht dahin gelangt, zu wissen, was Elektricität eigentlich sei, eben so wenig wie uns dieses vom Magnetismus bekannt ist, obschon die Elektricität sich allen Sinnen offenbart, gesehen, gehört, gefühlt, geschmeckt und gerochen werden kann, indeß der Magnetismus sich keinem einzigen Sinne offenbart, denn eine magnetisirte Stahlstange unterscheidet sich durchaus in nichts von einer unmagnetisirten — es muß erst ein Experiment gemacht werden, um das herauszufinden.

Wir können von der Elektricität nur sagen, sie sei eine, über den ganzen Erdball verbreitete, in allen Körpern inwohnende, durch alle Körper hindurchdringende (auch durch Glas und Harz) Kraft, welche gewöhnlich

---

*) Und in Danzig, der conservativsten Stadt in Preußen, gleichfalls noch heute, auf dem Dominicus-Markte (kurzweg der Domnik genannt), sieht man gewöhnlich ein oder ein paar alterthümliche Elektrisirmaschinen (Kugelmaschinen), wie ein Spinnrad gebaut und bewegt, nur statt der Spule mit Garn, eine schwarze, mit Pech ausgegossene Glaskugel, und statt des Conductors gleich eine ziemlich große Flasche davor. Die ehrlichen kaschubischen Bauern, auch manche Sack- und Packträger, lassen sich da für einen Brummer, ein kupfernes Sechspfennigstück, einen Schlag geben.

schlummernd, durch künstliche oder natürliche Mittel geweckt, die erstaunlichsten Wirkungen hervorbringt.

Verschiedene Namen der Elektricität.

Nach den Mitteln, durch welche sie erweckt wird, erhält sie verschiedene Namen: wird sie durch Reibung von Metall an Glas, von Thierfellen an Harz erregt, so heißt sie Reibungs-Elektricität; wird sie durch Berührung zweier verschiedener Metalle erregt, so heißt sie Berührungs- oder Contact-Elektricität, oder da Galvani die Veranlassung zu ihrer Entdeckung gab, Galvanismus. Wird sie durch Aenderung der Form der in der Luft befindlichen Feuchtigkeit, also durch Wolkenbildung erregt, so heißt sie atmosphärische Elektricität; geschieht die Erregung durch Temperaturveränderung, so nennt man sie Thermo-Elektricität; durch Magnetismus, Magneto-Elektricität; geschieht sie durch künstliche Dampferzeugung, Hydro-Elektricität, und endlich geschieht die Erregung durch eigenthümliche Organe im thierischen Körper, wie im Zitteraal, so heißt sie thierische Elektricität.

Die sämmtlichen Erregungsarten bringen immer dieselbe Naturkraft hervor, man kann also in dieser Hinsicht eigentlich von verschiedenen Elektricitäten gar nicht reden — sie unterscheiden sich nur quantitativ durch mehr oder minder Stärke, mit der sie auftreten und qualitativ höchstens dadurch, daß bei der einen Erregungsart ein dauernder elektrischer Strom von geringer Spannung, bei der andern aber ruckweise Aufhäufungen von großer Spannung aber geringer Stromstärke erscheinen, alle diese Modificationen derselben Kraft gehen aber so allmälig in einander über, daß man schwer eine Grenze zwischen ihnen zu ziehen vermag.

Die Elektricität besteht aus zwei verschiedenen Thätigkeiten, welche die innigste Verwandtschaft zu einander haben, wo sie getrennt sind, immerfort sich zu verbinden streben, durch den Act dieser Verbindung sich kund geben und alle die Erscheinungen hervorrufen, welche unter dem allgemeinen Begriffe „elektrisiren" zusammen gefaßt werden. Wo die beiden Thätigkeiten in einem sich gegenseitig sättigenden Grade vorhanden sind, da nimmt man an den Körpern durchaus nichts besonderes wahr und sie heißen daher unelektrisch, nicht elektrisch. Wo die beiden Thätigkeiten getrennt sind, da geben die Körper sehr viele Erscheinungen ganz eigenthümlicher Art und sie heißen elektrische oder elektrisirte Körper.

Verschiedene Wirkungen der Elektricität.

Die beiden verschiedenen Thätigkeiten heißen die positive (+) und die negative (—) Elektricität, sehr uneigentlich auch Glas- und Harz-Elektricität, weil man am Glase zuerst die positive und am Harze die negative Elektricität entdeckte, sie könnten eben so gut oder eben so schlecht die Katzenfell- und die Hand-, oder die Zink- und die Platin-Elektricität heißen; schlecht weil die Bezeichnung nach der Substanz eine ganz falsche ist, indem derselbe Körper je nach demjenigen, mit welchem er in Berührung kommt, bald positiv bald negativ elektrisirt wird.

Die Körper, in denen die beiden Elektricitäten sich nicht im Gleichgewicht befinden, welche also positiv oder negativ elektrisch sind, bringen hervor:

1) Mechanische Wirkungen, Bewegung, Anziehung, Abstoßung anderer Körper, Trennung ihrer Theile, Zerstörung, ferner:

2) Lichterscheinungen, Funken, Lichtbüschel, Strahlen von verschiedenen Farben;

3) Einen mehr oder minder deutlich erkennbaren Geruch;

4) Wärmephänomene, Erhitzen, Glühen, Schmelzen, Verdampfen, Entzünden;

5) Chemische Wirkungen, Zerlegungen, Verbindungen;

6) Magnetische Phänomene, Ablenkung der Magnetnadel, vorübergehendes Magnetisiren des weichen Eisens, dauerndes Magnetisiren des harten Stahles;

7) Deutliche Geschmacksempfindungen, theils säuerlicher, theils alkalischer Art;

8) Mehr oder minder heftige Erschütterungen der Nerven, welche in dem Kreise liegen, welchen die getrennten Elektricitäten zu ihrer Vereinigung durchlaufen, die bis zur Zerstörung des Organismus, zur Tödtung führen können.

Ein Körper, der einige oder alle genannten Erscheinungen hervorbringt, heißt elektrisch geladen. Der Zustand der Ladung ist vorübergehend, nicht nur kann der Experimentator ihn verändern wann er will, er verändert sich mit der Zeit auch von selbst, und dann heißt der vorher elektrisch gewesene Körper entladen.

Die Entladung des geladenen Körpers geschieht durch Berührung desselben mit einem anderen nicht geladenen oder entgegengesetzt geladenen Körper, aber langsamer oder schneller, je nach der Eigenschaft der beiden

sich berührenden Körper die Elektricität durch sich hindurchgehen zu lassen oder aufzuhalten.

Leiter der Elektricität.

Solche Körper, die die Elektricität gänzlich ungehindert durch sich hindurchgehen lassen, heißen vollkommene Leiter; solche die dieses durchaus nicht gestatten, heißen vollkommene Isolatoren. Beide Eigenschaften in ihrer Vollkommenheit kennen wir nicht, wohl aber giebt es keinen Körper, der nicht Isolator oder Leiter annäherungsweise wäre, wie schon weiter oben bemerkt wurde.

Unter den Leitern stehen sämmtliche Metalle als die besten oben an, sie setzen dem Durchgehen der Elektricität die wenigsten Schwierigkeiten entgegen, wenn schon sie unter sich in der Leitungsfähigkeit hundertfach verschieden sind, so leiten sie doch hunderttausendfach besser als die anderen Leiter.

Da es jedoch bei der Fortleitung der Elektricität, wie bei der des Wassers in Röhren, auf den Querschnitt der Röhre oder des Metalldrahtes ankommt, so ist begreiflich, daß man einen beliebigen Leiter mit gleichem Erfolge an die Stelle eines anderen setzen kann. Will ich z. B. in einer gewissen Zeit aus einem See viermal so viel Wasser ableiten, als früher in derselben Zeit, so mache ich den Querschnitt der Röhre (des Kanals) viermal so groß; — genau eben so mit der Elektricität. Ich weiß, daß durch einen Kupferdraht von $1/_{12}$ Zoll Durchmesser eine gewisse Quantität geht, ich will die 16fache Menge gleich ungehindert in derselben Zeit hindurchgehen lassen, dann muß ich den Draht viermal so breit in seinem Durchmesser nehmen, wodurch er einen Querschnitt von 4 mal 4, d. h. von sechszehnmal dem Durchschnitt des ersten erhält; oder ich will eine gewisse Menge Elektricität, welche ein Kupferdraht von 1 Linie Dicke ungehindert leitete, durch einen Draht von Neusilber gehen lassen, so muß ich, da das Metallgemisch, welches wir Neusilber nennen, zehnfach schlechter leitet als Kupfer, einen Draht von etwas mehr als dreimal so großem Durchmesser, d. h. von zehnfach so großer Durchschnittsfläche anwenden.

Dieses Mittel macht es möglich, auch die schlechtesten Leiter, wie die Erde, das Wasser, in sehr gute zu verwandeln; man nimmt nämlich nicht einen dünnen Streif von Erde, man nimmt gleich die ganze Erde, man sondert nicht eine lange Röhre voll Wasser von dem übrigen ab, man nimmt den ganzen Strom, das gesammte Meer zur Leitung, und hat alsdann gewiß einen Leiter von der allervollkommensten Art, die überhaupt erreichbar ist auf Erden.

Hinter den Metallen folgen die gut gebrannte Kohle, der Graphit und die Erze, dann die Flüssigkeiten als Leiter, auch die Erde ist nur in sofern Leiter, als sie feucht oder naß ist. Unter den Flüssigkeiten kommen die concentrirten Säuren zuerst, dann die Salzauflösungen, das Wasser, der Weingeist, die Oele; doch sind die Ansichten verschiedener Experimentatoren verschieden und Pouillet hält z. B. eine gesättigte Lösung von salzsaurem Platin für einen besseren Leiter als Salpetersäure, und Salmiak für einen besseren als concentrirte englische Schwefelsäure. Im allgemeinen aber ist der Unterschied unter den metallischen Leitern nicht groß, und unter den Flüssigkeiten verhältnißmäßig nicht viel größer, wohl aber ist er ungeheuer zwischen Metallen und Flüssigkeiten. Kupfer leitet 50 mal besser als Quecksilber, eine gesättigte schwefelsaure Kupferlösung leitet 400 mal besser als Wasser, aber Kupfer leitet 6400 Millionen mal besser als Wasser.

Auf die Flüssigkeiten folgen in der Reihe der Leiter die feuchten Körper, (Holz, Leinwand, Luft), welche durch gutes Austrocknen zu Isolatoren werden können; ferner die Flamme, der Rauch, der luftleere Raum.

Daß Aether, Fette und ätherische Oele Isolatoren wären, wie früher behauptet wurde, ist nicht begründet. Man leite nur einen Draht von der Elektrisirmaschine in eine dieser Substanzen, vorausgesetzt, daß sie sich in einem metallenen Gefäße befinde, so wird man wohl wahrnehmen, daß sie nicht isoliren.

Nichtleiter oder Isolatoren.

Zu den Nichtleitern gehören die meisten Arten von Glas, einige derselben, besonders aber in neuerer Zeit in Belgien gemachte Natrongläser, sind sehr schlechte Isolatoren, weil sie Feuchtigkeit aus der Luft anziehen, daher man jetzt nicht leicht mehr gute Spiegelscheiben zu Elektrisirmaschinen findet. Manche Gläser haben diese Eigenschaft in so hohem Grade, daß sie im geheizten Zimmer mit Wassertropfen beschlagen; ich selbst besitze weiße Glastafeln, welche sich durchaus nicht elektrisch laden lassen und einen Glascylinder von bedeutender Größe, welcher durchaus keine Elektricität entwickelt.

Ferner sind Nichtleiter: der Diamant und alle eigentlichen Edelsteine, der Schwefel, alle Harze vom Bernstein bis zum Colophonium, auch Asphalt und andere Erdharze, ferner Kautschuk und Gutta-Percha; Gummi und andere wohl getrocknete Pflanzensäfte, ferner sehr trockene Pflanzenfasern, Holz, Flachs, Hanf, also auch Papier, ferner die meisten thierischen Hautbedeckungen, wie Haare und Federn, dann die Gespinnste aller Raupen, besonders der Seidenraupe; endlich die Gasarten.

Bei Bestimmung der Unterschiede zwischen Leitern und Nichtleitern sowohl, als bei der Klassifikation der verschiedenen Körper unter diese beiden Rubriken, muß man sehr vorsichtig sein, weil die Umstände, unter denen man die Prüfung vornimmt, wesentlich auf dieselben einfließen. Z. B. ist Eis bei einer Temperatur von 10° unter Null (oder weniger, d. h. 12°—20° unter Null) ein vortrefflicher Isolator und Achard in Berlin hat aus Eis eine Elektrisirmaschine, eine Verstärkungsflasche und dergleichen gemacht, welche höchst wirksam waren. Wasser dagegen, ja schon Eis, wenn es sich dem Nullpunkte nähert, ist ein Leiter, Wasser in Luftgestalt, kochender Wasserdampf im Innern des Kessels ist isolirend, derselbe Dampf, wenn er aus dem Kessel tritt und als weißer Rauch erscheint, ist leitend.

Frisches Holz ist ein Leiter, trockenes Holz ein Isolator, Kohlen ein Leiter, Asche ein Isolator, Rauch und Flamme wieder ein Leiter, ja es kommt auf die Textur, auf den Querschnitt einer Sache an, ob sie Leiter oder Nichtleiter sein soll. Harziges Kiefernholz, wenn es aus der Länge des Brettes geschnitten, wird ein Leiter, quer herüber aus dem Brette geschnitten, ist es isolirend. Dasselbe, nur in umgekehrter Ordnung, ist mit halbseidenem Zeuge der Fall, dieses ist im Querschnitt aus dem Stücke leitend, im Längsschnitt isolirend. Beides sehr begreiflich, wenn auch sehr wenig bekannt, denn beide Stoffe bestehen aus nebeneinander liegenden Schichten von Isolatoren und Leitern; gehen diese parallel von dem elektrisirten Körper zur Erde, so leiten sie die Elektricität ab, liegen die parallelen leitenden Streifen aber quer vor, so daß sich von oben nach unten — eine Schicht Harz und eine Schicht Splintholz oder ein Faden Baumwolle und ein Faden Seide — ablösen, so isoliren sie. Wie begreiflich, fordert diese Eigenschaft zur größten Behutsamkeit auf, man kann daher nicht sagen, Glas und Harz sind Isolatoren (wiewohl Schellack der beste und Glas der gebräuchlichste Isolator ist), denn glühendes Glas und geschmolzener Schellack leiten statt zu isoliren, gerade wie flüssiger Firniß leitet und getrockneter isolirt.

Zwischen Leitern und Isolatoren nimmt man gewöhnlich noch eine Klasse von Körpern an, die man Halbleiter nennt: Knochen, Elfenbein, Horn, Holz, Papier, getrocknete Haut (Pergament), Marmor, krystallisirter Gips, Alabaster ꝛc., allein die Grenzen verschwimmen nach beiden Seiten so sehr, daß man sie wohl nur mit Unrecht in eine eigene Klasse setzt; sie sind nebenbei auch noch für die Reibungs-Elektricität als Leiter, für die Berührungs-Elektricität aber als Nichtleiter zu betrachten, wenigstens ohne Fehler für die Praxis, denn der Strom einer voltaischen Säule ist nicht bemerkbar schwächer, wenn sie auf Holz als wenn sie auf Glasstäben ruht, um-

gekehrt giebt der Conductor einer Elektrisirmaschine keine Funken, wenn er auf hölzernen Füßen steht.

Was ist Elektricität? Franklin's und Symmer's Hypothesen.

Dasjenige was geleitet oder zurückgehalten wird, die Elektricität, wird von einigen als eine Kraft, von anderen als eine Substanz betrachtet, daher die Ausdrücke „elektrisches Fluidum, elektrische Materie", ferner sieht man die Elektricität als etwas Einheitliches an und erklärt die sich zeigenden Verschiedenheiten durch einen Ueberschuß oder einen Mangel im Vergleich zu dem gewöhnlichen Zustande. Dieser Ansicht war Franklin zugethan, er nannte derselben zu Folge die beiden Elektricitäten plus E (+) und minus E (—), die Erscheinungen der ersteren entstanden nach ihm dadurch, daß ein Körper mehr Elektricität bekam als er hatte (+), und seine Funken rc. aus einem Abgeben dieses Ueberflusses. Die Erscheinungen der anderen aber entstanden durch ein Entziehen des, im natürlichen Zustande vorhandenen, und die Funken des — elektrischen Körpers kamen nicht aus diesem, sondern gingen in ihn hinein aus dem genäherten Körper um die, dem — elektrisirten, fehlende + E zu ersetzen und den Normalzustand wieder herzustellen.

Viele Erscheinungen lassen sich sehr ungezwungen auf diese Art erklären, daher die Hypothese Franklin's auch eine große Menge Anhänger fand, allein die neuere Physik kann sich nicht zufrieden stellen lassen durch ein Plausibelmachen — sie muß Gründlicheres verlangen und deshalb fand nach und nach die Hypothese Robert Symmer's immer mehr Eingang. Diese nimmt zwei ganz verschiedene Elektricitäten, die Glas- (plus, + oder positive) und die Harz- (minus, — oder negative) Elektricität an, welche sich gegenseitig anziehen, und wenn sie im Gleichgewichte sind, den Körper indifferent, unelektrisch scheinen lassen, getrennt hingegen ganz verschiedene Eigenschaften haben. Namentlich zeigen sich diese in der Farbe der Funken, in der Schlagweite in den elektrischen Figuren, in dem Spitzenlichte und in dem Geschmacke, von welchen allen wir ausführlich sprechen werden.

Das Anziehen und Abstoßen gleich oder verschieden electrisirter Körper hat zu den Benennungen „freundschaftliche und feindliche Elektricitäten" Veranlassung gegeben. Positive Elektricität stößt positive Elektricität ab, zwei so elektrisirte Körper heißen gleichnamig oder feindlich elektrisirt. Negative Elektricität stößt negative Elektricität ab, also auch zwei negativ elektrisirte Körper heißen feindlich oder gleichnamig elektrisirt. Ein positiv elektrisirter Körper und ein negativ elektrisirter ziehen einander aber an, und da positiv

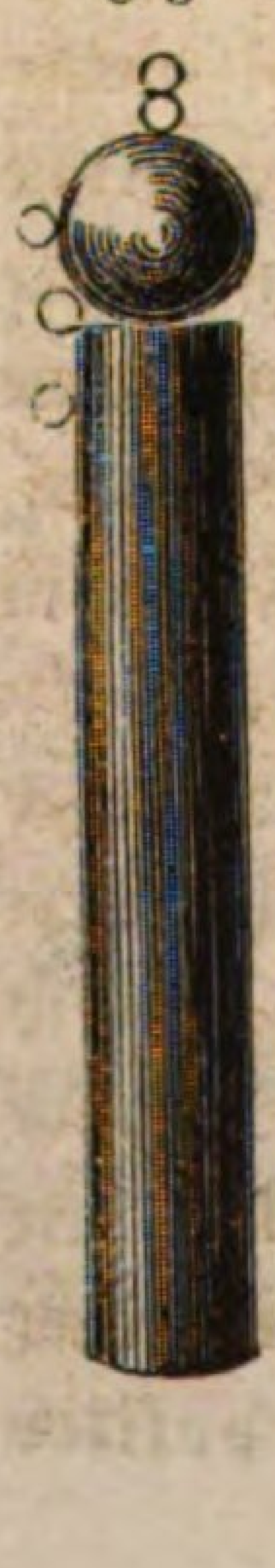
und negativ nicht gleiche Bezeichnungen sind, so heißen solche Körper ungleichnamig elektrisirt und da sie sich anziehen, heißen ihre Elektricitäten freundschaftliche wie die gleichnamigen feindliche heißen.

Man hat fast allgemein die, für früher bekannt gewesene Erscheinungen ausreichende Franklin'sche Hypothese verlassen und die Symmer'sche weiter ausgebildet, weil nur diese eine Erklärung der Erscheinungen, die in neuerer Zeit bemerkt worden, gewährt. Man hat zweierlei Elektricitäten (um nicht zu sagen elektrische Materien, weil die Materialität doch sehr zweifelhaft ist) angenommen, welche zu einander die größte Verwandtschaft haben, sich, wo sie einander finden, zu vereinigen streben und vermöge dieser Vereinigung und Trennung die elektrischen Erscheinungen geben, solchergestalt daß, wo eine der beiden Elektricitäten allein aufgehäuft ist, die Anziehungen und Abstoßungen sich zeigen, wo aber positive und negative Elektricität zusammen kommen, eine Vereinigung derselben stattfindet, die Licht und Erschütterungserscheinungen vorhanden sind. Der Weg, welchen dabei die Elektricität macht, geht nicht blos vom positiven Körper zum negativen, sondern in derselben Stärke vom negativen zum positiven, und beide Elektricitäten begegnen sich bei diesem Wege in der Mitte.

Anziehung oder Abstoßung.

Jeder Körper kann durch geeignete Behandlung in den Zustand der Elektricität versetzt, und durch Unterstützung mit isolirenden Substanzen (Schellack, Glas) einige Zeit darin erhalten werden. In diesem Zustande nimmt man wahr, daß er das Bestreben hat, sich von der überflüssigen Elektricität zu befreien, und die ihm fehlende an sich zu ziehen. Dies sind die Anziehungs- und Abstoßungsphänomene.

Fig. 2.



Wenn man eine trockene Glasstange reibt und über einen trockenen Tisch, auf welchem Kügelchen von Holundermark liegen, hinwegfährt, so werden die Kügelchen sofort zu der Glasstange emporspringen, wie die Figur zeigt, und einen Augenblick daran haften, dann herabfallen, wieder emporspringen, wieder herabfallen u. s. w. Das Experiment wird sehr vereinfacht und der Erklärung zugänglicher auf folgende Art.

Der isolirte elektrische Körper habe überflüssige positive Elektricität. Man nähere ihm ein Kügelchen von Sonnenblumenmark (welches viel leichter ist als das sonst gebrauchte Holundermark), an einem seidenen Faden hängend, so wird er dasselbe anziehen, um ihm einen Theil seiner negativen Elektri-

cität abzunehmen; beide Körper erscheinen jetzt mit positiver Elektricität, also gleichnamig und zwar ganz gleich stark geladen, nur hat das leicht bewegliche Kügelchen zu seiner Ladung so viel weniger Elektricität nöthig, als es kleiner ist wie der andere Körper.

Das Experiment hat bewirkt, daß der elektrisirte Körper von dem Kügelchen etwas erhalten hat, was nun diesem fehlt, dasselbe befindet sich also in dem nämlichen Zustande wie der elektrisirte Körper, es ist auch elektrisirt und sucht sich aus diesem unnatürlichen Zustande zu befreien, indem es anderen Körpern negative Elektricität entlockt, um sich damit zu einem unelektrischen Körper zu machen, es fliegt z. B. gegen die dargebotene Hand.

Wenn dieses geschehen, so geht bei ihm dasselbe vor wie bei dem anderen elektrisirten Körper, es zieht so viel negative Elektricität an sich als möglich. Da es jedoch in der Hand des auf dem Fußboden stehenden Menschen so viel negative Elektricität findet, um sich ganz damit zu sättigen, um den elektrischen Gleichgewichtszustand herbeizuführen, welcher die Körper unelektrisch erscheinen läßt, so wird es wirklich unelektrisch werden.

Vorausgesetzt, es wäre bei der Veranstaltung alles so geblieben, wie beim Beginn des Experiments, so wird nunmehr der elektrisirte Körper das Kügelchen wieder anziehen, ihm einen Theil seiner negativen Elektricität abnehmen und es dann, mit seiner nunmehr überschüssigen positiven Elektricität von sich stoßen. Das Kügelchen wird sich der Hand nähern, von dieser die fehlende negative Elektricität nehmen, indifferent (unelektrisch) erscheinen, wieder von dem elektrischen Körper angezogen werden u. s. f., und das Resultat würde sein, daß der elektrisirte Körper das Kügelchen so oft an sich zöge, bis die von demselben nach und nach erhaltene negative Elektricität seine positive Elektricität völlig ausgeglichen hätte und er selbst gleichfalls unelektrisch erschiene wie das Kügelchen, welches er früher anzog und welches jetzt ruhig neben ihm hängt.

Dasselbe Resultat, das der Entladung, der Ausgleichung der beiden Elektricitäten, kann man auf einfachere Weise erhalten, wenn man den elektrisirten Körper mit einem Leiter der Elektricität berührt, welcher selbst mit dem Erdboden leitend verbunden ist. Der Vorgang mit den vielen Kügelchen ist ganz der nämliche, nur ereignet sich alles schneller und häufiger hintereinander.

Elektrische Spannung. Elektrischer Strom.

Der elektrisirte Körper befindet sich, so lange er elektrisch ist, in einem Zustande, welchen wir den der elektrischen Spannung nennen. Geht

seine positive oder negative Elektricität mit der negativen oder positiven Elektricität eines genäherten Körpers eine Ausgleichung ein, so entsteht der elektrische Strom. Der Leiter, durch welchen dieser Strom geht, wird dabei magnetisch, und kann andere Körper, welche für dauernden Magnetismus empfänglich sind, dauernd magnetisiren — solche, die es nicht sind, wie z. B. reines Eisen, magnetisirt der Strom wenigstens für die Zeit seiner Dauer.

In diesen wenigen Worten liegt der Jahrhunderte lang gesuchte Schlüssel zu dem Räthsel der gänzlichen Isolirung der Naturkraft, welche wir Magnetismus nennen.

Wir dürfen voraussetzen, daß ein Jeder wisse, was wir unter Magnet und Magnetismus verstehen, eine Magnetnadel, einen Magnetstab, ein Magnethufeisen, sind allgemein bekannte Dinge, wir werden in einem eigenen (dem nächsten) Abschnitt davon ausführlich handeln, müssen jedoch hier bemerken, daß, wenn man diesen nächsten Abschnitt durch sorgfältigste Zusammenstellung aller Thatsachen auf die hundertfache Ausdehnung brächte, ohne daß ein Wort als überflüssig erachtet werden könnte, doch dieser ganze folgende Abschnitt aus jedem Lehrbuche der Physik hätte weggelassen werden dürfen (wenn man sich einige dreißig Jahre zurückversetzt), ohne daß die übrigen Lehren des Buches dadurch im Mindesten erschüttert, ja nur weniger verständlich geworden wären, und ein Laie in dieser Wissenschaft, der die Physik aus solchem Buche studirt und vollständig in sich aufgenommen gehabt hätte, würde nach sorgfältiger Durchforschung des ganzen Werkes nichts darin vermißt haben (natürlich vorausgesetzt, er habe auch früher nichts von einer Magnetnadel oder einem Magnetsteine, Hufeisen ꝛc. gehört), es würde ihm auch nicht die Ahnung beigekommen sein, daß eines der wichtigsten und umfangreichsten Kapitel der Physik fehle, denn der Magnetismus stand in der ganzen Natur scheinbar völlig vereinzelt, ohne allen Zusammenhang mit irgend einer anderen Naturkraft da. Seit die eben erwähnte Thatsache (Magnetisiren durch den elektrischen Strom) durch Oersted (1820) bekannt geworden, hat sich die Sache so geändert, daß im Gegentheil keine allgemeiner verbreitete Thätigkeit, keine allgemeiner eingreifende vorhanden ist. Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus stehen in einer so ununterbrochenen Wechselwirkung, rufen einander hervor, können für einander gesetzt werden, ersetzen einander, daß man wahrscheinlich nicht Unrecht hat, wenn man alle vier Kräfte für völlig identisch hält, wie Ampere kurz nach jener wichtigen Oersted'schen Entdeckung schon vor 35 Jahren behauptete. Das Angedeutete schien vorläufig berührt werden

zu müssen, zur Verständigung für mehrere Erscheinungen. Die nähere Ausführung bleibt dem folgenden Abschnitt überlassen.

Wie bereits bemerkt, lassen sich, bezüglich auf Elektricität, die sämmtlichen Körper unseres Erdballs theilen in Leiter und Nichtleiter (Isolatoren). Beide werden durch Reiben elektrisch. Wenn man eine Metallscheibe an seidenen Schnüren aufhängt, und sie einige Male mit einem Fuchsschwanz schlägt, so erhält man bei Annäherung des Fingers einen kleinen, deutlich sichtbaren und fühlbaren Funken. Eine Glasscheibe, eine Harzscheibe oder Stange wird durch Reiben gleichfalls elektrisch, welches schon länger bekannt ist als das oben gedachte. Es scheint also kein Unterschied vorhanden, beiderlei Körper, leitende und isolirende, werden durch Reibung elektrisch.

Allerdings. Jedoch der Leiter, wenn man auch nur eine kleine Stelle reibt, über seine ganze Fläche, der Nichtleiter aber lediglich an derjenigen Stelle, welche gerieben ist, an allen anderen Stellen nicht!

Berührt man einen elektrisirten Körper ableitend, so verliert er seine Elektricität — der Leiter über seine ganze Oberfläche, ohne etwas zurückzuhalten, der Isolator aber nur an der Stelle, welche ableitend berührt wird, an allen anderen Stellen, so weit sie durch Reibung elektrisirt waren, bleibt die Elektricität haften.

Reibt man eine Glasstange (Isolator) mit einem Blatte Staniol (Leiter), welches in ein breites Stück Gummi-Elasticum gefaßt ist, so wird sich sowohl das Glas als das Metall elektrisch zeigen, beide werden leichte Körper anziehen 2c. 2c., aber beide haben entgegengesetzte Elektricität, und zwar in der Regel das Glas die positive, das Metall die negative, so daß ein isolirt aufgehängtes Kügelchen, welches durch den Glasstab elektrisirt und dann von ihm abgestoßen wurde, nun von dem isolirt gehaltenen (im elastischen Gummi, der ein Isolator ist) Metall angezogen wird. Es verliert an dieses alle seine positive Elektricität und wird negativ, deshalb sogleich wieder von dem Glase angezogen, seiner negativen Elektricität beraubt, positiv und deshalb von dem Metall angezogen u. s. f., bis die beiden verschiedenen Elektricitäten durch dieses wechselseitige Anziehen und Abstoßen ausgeglichen sind und sowohl Glasstab als Metall, geriebener Körper und Reibezeug indifferent erscheinen, d. h. gleichviel von beiden Elektricitäten erhalten, die sich sättigen, binden und den Körper als unelektrisch erscheinen lassen.

Elektrische Spannungsreihe.

Die angeführte Thatsache ist für die Beschreibung und Wirkung der Elektrisirmaschine von Wichtigkeit; man kann jedoch von anderen Dingen, als dem

Reibezeug, negative Elektricität erhalten, wenn man z. B. eine Harzstange (Siegellack) reibt, alsdann wird diese negativ und das Reibezeug positiv, und dieses ist darum wichtig, weil man nunmehr ein gutes und bequemes Mittel hat, sich augenblicklich zur Prüfung vorhandener unbekannter Elektricitäten bekannte zu verschaffen.

Alle Körper lassen sich in eine Reihe bringen, welche ihre elektrischen Eigenschaften so darstellt, daß man, mit der einen anfangend, durch eine Reihe von Abstufungen zu der entgegengesetzten fortschreitet. Die beiden Endpunkte bezeichnen alsdann die beiden positivsten und negativsten Körper. Man nennt sie die elektrische Spannungsreihe und den Hauptpunkten nach würden — nur die Isolatoren in Betracht gezogen — sie folgendermaßen lauten: Schellack, Schwefel, Bernstein, Colophonium, Gummi-Elasticum, rohe Seide, weiße Seide, gefärbte Seide, Gutta-Percha, Papier, Wolle, Glas, Bergkrystall, Berill, Turmalin, Hasenfell, Kaninchenfell, Diamant, Katzenfell.

Wobei zu bemerken ist, daß jeder folgende Körper, mit einem der vorhergehenden gerieben, positiv elektrisch wird, und umgekehrt (d. h. jeder vorhergehende mit dem folgenden gerieben, negativ) und daß diese Eigenschaft um so stärker hervortritt, je weiter die Körper auseinander stehen, dergestalt daß Schellack unter allen am stärksten negativ wird, wenn er mit dem, unter allen Körpern am stärksten positiv werdenden Katzenfell gerieben wird.

Lediglich die Fähigkeit zu isoliren betrachtet, wird die Reihe eine andere und zwar die Halbleiter mit eingeschlossen, aber von dem besten Isolator angefangen nach Dr. Rieß' genauen, selbstständigen Versuchen folgende: Schellack, Bernstein, Harze, Schwefel, Wachs, Gagat (eine ungemein harzreiche Pechkohle aus der in früheren Zeiten allerlei Schmucksachen gemacht wurden, jetzt durch schwarzes Glas verdrängt), Glas, Glimmer, Edelsteine, rohe Seide, gefärbte Seide, Wolle, Haare, Federn, trocknes Papier, Pergament, Leder, getrocknete Vegetabilien, Porzellan, ätherische Oele, Kampher, Kautschuk, Kreide, Kalk, Phosphor, Eis bei — 20° R., Asche (vegetabilische und animalische), fette Oele, trockene Metalloxyde, Eis bei 0° R., Stroh, Papier, Marmor, trockenes Holz, Schwefelblumen, Glaspulver, Alkohol und Aether.

Die letzten neun Körper rechnet Rieß zu den Halbleitern; jedenfalls sind die, diesen zunächst stehenden bis zur Kreide (jedoch mit Ausschluß des Eises von — 20°, welches ein guter Isolator ist und wahrscheinlich eine viel höhere Stelle unter denselben zu beanspruchen hat) auch noch zu den Halbleitern zu rechnen; Reibungselektricität wird durch Kreide so gut wie gar nicht isolirt.

Die sämmtlich hier genannten Körper — außer den Edelsteinen, welche

man nicht in hinlänglich großen Massen bekommt, um solche Versuche damit zu machen — zeigen, wenn sie gerieben, also elektrisch sind, folgende Erscheinungen: sie ziehen leichte Körperchen an und stoßen sie dann wieder ab. Bei Annäherung des Fingerknöchels wird ein leises Knistern hörbar, im Dunklen gewahrt man ein kleines Lichtfünkchen. Bei Annäherung an das Gesicht hat man das Gefühl, als ob man Spinnefäden berührte, der Nase genähert nimmt man einen ziemlich erkennbaren Geruch nach Phosphor wahr; viele der genannten Erscheinungen fordern aber eine Ausdehnung des Körpers, welche nicht immer, wie z. B. bei den Edelsteinen schon gar nicht, zu haben ist. Ein geriebener Turmalin zieht zwar noch Asche an, daher der holländische Name des Stangenschörl oder Turmalin (Aschentrecker), aber nicht mehr Papierschnitzel, er zeigt auch den erwähnten Geruch nicht, ebensowenig das Spinnewebengefühl, welches alles man an einer Glasstange sehr wohl wahrnimmt.

Elektroscope.

Deshalb mußte man auf Instrumente sinnen, vermöge deren man recht feine Beobachtungen an elektrischen Körpern machen konnte. Wir wollen einige derselben beschreiben und dabei von den einfachsten zu den zusammengesetzteren und zarteren übergehen.

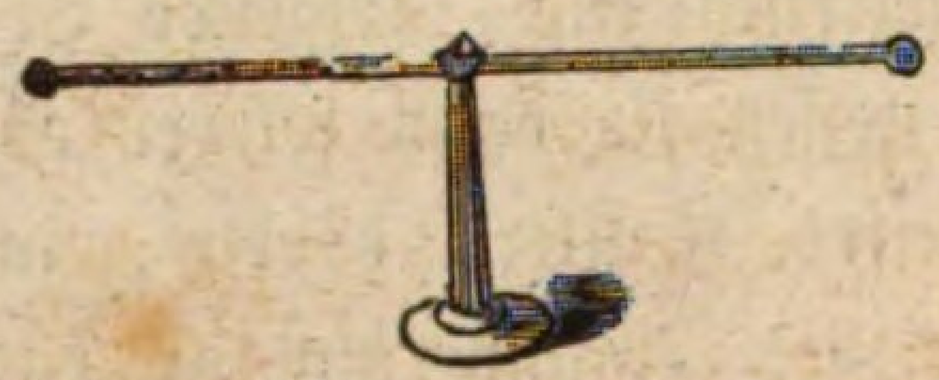
Fig. 3.



Ein leichtes Kügelchen von Holunder- oder Sonnenblumenmark (*a* der nebenstehenden Figur) wird mittelst einer Nähnadel auf einen möglichst schwachen Seidenfaden gezogen und bei *b* an den Haken eines starken Messingdrathes *bc* befestigt, welcher auf einem Metallfuße *c* so steht, daß er frei auf einen Tisch gestellt werden kann; statt des Drahtes *bc* wendet man auch wohl ein dünnes Glasstängelchen an, welches in der angegebenen Form gekrümmt ist, doch ist diese noch sorgfältigere Isolirung eigentlich überflüssig und das Instrument wird sehr zerbrechlich.

Will man einen Gegenstand auf seine Elektricität prüfen, so bringt man ihn in die Nähe des Kügelchens, zieht er dasselbe an, so ist dieses ein Zeichen, daß er elektrisch sei, zieht er es nicht an, so ist er nicht elektrisch. Möglicher Weise wird er es durch Reibung, Druck, Erwärmung — man macht diese Versuche und wird sich leicht überzeugen, ob durch dieselben eine Veränderung hervorgebracht wird. Das Elektroscop (so nennt man dieses und die nächstfolgenden Instrumente, fälschlich heißen sie auch Elektrometer) ist sehr empfindlich und gestattet schon die Auffindung sehr unbedeutender Grade von Elektricität.

Fig. 4.



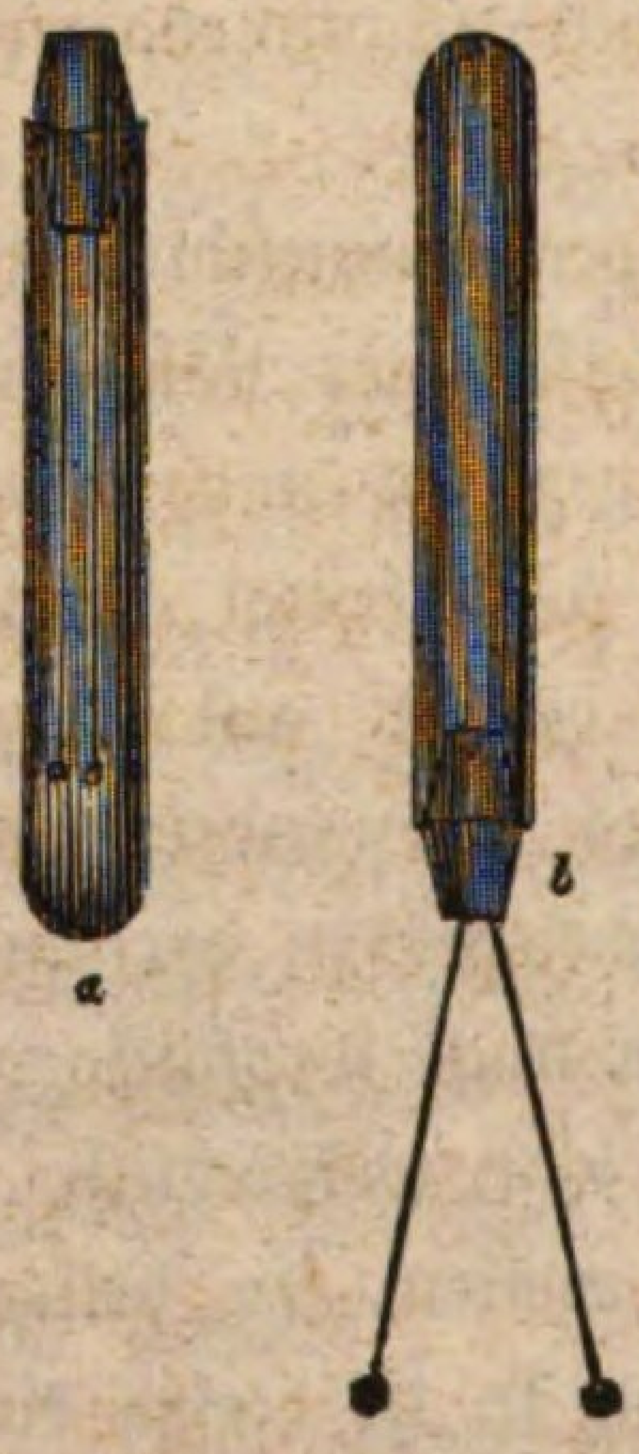
Das hiernächst gegebene ist gleichfalls sehr einfach, seine Anfertigung fordert indessen schon die Hand eines Mechanikers.

Es besteht aus einem Fuß von Messing, mit einer darin eingeschraubten Stahlnadel mit guter Spitze. Auf dieser stählernen Spitze balancirt eine Nadel von etwa 2 Zoll Länge, eingerichtet wie eine Magnetnadel, nur wird sie gewöhnlich von Messing gemacht und sie hat an ihren beiden Enden Knöpfchen, Kügelchen; in der Mitte ist eine kegelförmige Vertiefung eingebohrt, welche dazu dient, um diese Nadel auf die Spitze des Fußes zu setzen.

So, wie er hier beschrieben ist, würde der kleine Apparat übrigens noch nicht brauchbar sein, denn die ihm von einem Gegenstande irgend welcher Art mitgetheilte Elektricität würde sich sofort verlieren, da die quer liegende Nadel nicht isolirt ist, allein diese Isolirung wird ganz leicht dadurch bewirkt, daß man ihn auf ein Stück Spielgelglas stellt oder unter den Fuß an drei verschiedenen Stellen Tröpfchen Siegellack anschmilzt. Diese Vorsicht ist zwar nöthig aber auch genügend.

Noch eine andere Art eines sehr einfachen Elektroscopes kann ein Jeder

Fig. 5.

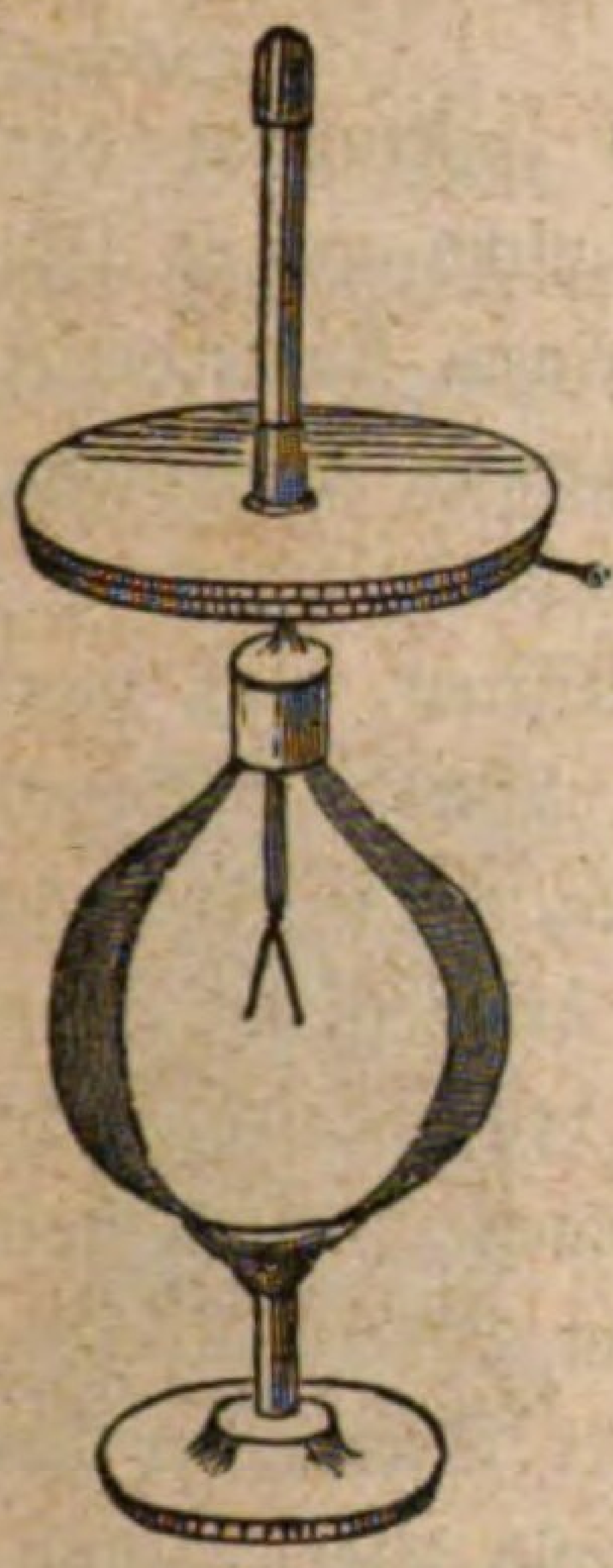


sich selbst nach der beigefügten Zeichnung machen. Man sieht dasselbe bei *a* zusammengelegt, zum Verwahren bereit und bei *b* in der Gestalt, in welcher es zum Versuche dient. Es besteht aus zwei Kügelchen von Sonnenblumenmark, deren jedes mittelst eines Coconfadens an ein kleines Pfröpfchen *b* befestigt ist, welches in seiner Mitte am stärksten, nach beiden Enden hin aber kugelförmig dünner geschnitten ist, so daß es mit beiden Seiten in den Hals eines unten zugeblasenen cylindrischen Gläschens gesteckt werden kann. Die Zeichnung ergiebt die Anwendung. Will man das Elektroscop brauchen, so steckt man den Pfropfen so in das Gläschen, daß die Kügelchen heraushängen, will man es nach dem Gebrauch wieder verwahren, so hängt man die Kügelchen in das Glas (bei *a*).

Ein dickes, feineres Instrument ist das nächstfolgende:

Auf einem Fußgestelle von Holz steht angekittet eine Glaskugel, ungefähr von dem dreifachen Durchmesser der nächstfolgenden Zeichnung. In ein wohl abgerundetes Plättchen von Messing, etwa von der Größe eines Thalers, schraubt man einen Messingstift, welcher unten plattgefeilt ist. Der ganze Stift, wie er in dem Halse der Kugel steckt, ist mit geschmolzenem Schellack

Fig. 6.



so umhüllt, daß er gerade in den Hals paßt, welches man, so lange der Schellack noch weich ist, ganz in seiner Gewalt hat.

Das Ende des Stiftes wird einmal durch die Kopfhaare geführt, oder an die Backe gedrückt, wodurch es so viel Fettigkeit bekommt als nöthig, um die durch Striche angedeuteten feinen Goldblättchen im Innern der Glaskugel zu tragen; sie werden vom Buchbinder sehr dünn und in der doppelten Länge geschnitten, den Stift setzt man, vorbereitet wie eben beschrieben, auf die Mitte des Goldblattstreifchens, sofort haftet er an demselben, die beiden Hälften hängen parallel herab und das Instrument ist zum Gebrauch fertig.

Die gleichnamigen Elektricitäten stoßen einander ab, daher kommt es, daß, wenn ein elektrisirter Körper einen unelektrischen angezogen hat, derselbe entflieht, sobald er mit der Elektricität des elektrisirten gesättigt ist.

Hängen zwei gleich leichte bewegliche Körper neben einander an einem isolirenden Faden, und werden beide mit einer und derselben Elektricität elektrisirt, so stoßen sie einander gleichfalls ab, hängen nicht mehr parallel neben einander, sondern nehmen die Stellung der Striche innerhalb der Kugel in der beigedruckten Figur oder der Fäden in der Zeichnung Fig. 5. ein. In diesem Zustande sind sie geeignet, Aufschluß über das Vorhandensein sowohl als die Art der vorhandenen sehr geringen Menge Elektricität, welche sich auf sonst keine Weise finden läßt, zu geben. Das gedachte Goldblatt-Elektroscop wird mit einer gewissen Elektricität geladen, nähert man sich dem Teller desselben mit einem Körper, einem geriebenen Diamant, einem anderen Edelsteine, so wird man eine Bewegung der Blättchen wahrnehmen, dieses deutet das Vorhandensein von Elektricität an. Welche Elektricität es sei, zeigt derselbe Versuch sofort selbstredend an. Ist es diejenige, mit welcher das Instrument geladen ist, so gehen die Blättchen weiter auseinander, denn zu der vorhandenen kommt noch die des genäherten Körpers, es findet also eine noch stärkere Abstoßung statt. Ist der genäherte Körper entgegengesetzt elektrisch, so gehen die Blättchen zusammen, ihre Elektricität wird von der genäherten fremden, ungleichnamigen beschäftigt, gebunden, die Abstoßungserscheinungen vermindern sich bis zum gänzlichen Zusammenfallen der Blättchen. Sie gehen wieder auseinander, wenn man den genäherten Körper entfernt (vorausgesetzt, daß er den Teller des Instrumentes nicht berührt hat). Der auf eben diesem Teller stehende Deckel macht

das Instrument noch empfindlicher, wovon später unter dem Art. Condensator gesprochen werden wird.

Für alle Versuche über Reibungselektricität ist das Instrument von großer Wichtigkeit; auf die Form desselben kommt es gar nicht an, es läßt sich aus einem kleinen Fläschchen und einem Kupferdreier machen, wie nebenstehende Figur zeigt, indem es begreiflicher Weise auf die Form des Gefäßes gar nicht ankommt.

Fig. 7.



Um das Instrument selbst zu elektrisiren, muß man sich eines kleinen Kunstgriffes bedienen. Wollte man mit einer geriebenen Glasröhre darüberstreichen, so würde man Millionen Mal zu viel Elektricität dazu bringen und man hätte doch am Ende, bei Entfernung des Glases nicht genug Elektricität zurückbehalten, um einen Versuch mit einem anderen Körper zu machen. Man nähert also die Glasstange dem Elektroscop von einer der Seiten her bis die Goldblättchen etwa so weit auseinander stehen wie die Figur zeigt. Dann, während die geriebene Glasstange ruhig an ihrem Flecke bleibt, berührt man dieser Röhre gegenüber mit dem Finger den Metallteller. Die positive Elektricität, welche durch die Glasstange aus ihrer Nähe vertrieben wurde und sich am entferntesten Punkte aufhäufte und die Goldblättchen dadurch divergiren machte, wird nunmehr durch Berührung mit dem Finger, einem Leiter, fortgenommen, die Blättchen fallen parallel zusammen, man sieht nichts mehr. Nachdem nun auch der Finger entfernt worden ist, zieht man die Glasröhre zurück, und sofort gehen die Blättchen wieder so weit auseinander, wie vorher, aber mit *negativer* Elektricität. Die positive Elektricität, durch das genäherte Glas verdrängt, wurde durch den Finger fortgeführt. Das Elektroscop enthielt jetzt schon negative Elektricität, allein die positive Elektricität der Glasstange hielt sie gebunden, also unsichtbar, unbemerkbar — mit Entfernung der Glasstange wird die negative Elektricität frei und das Instrument zeigt sich damit geladen.

Wie bereits oben beschrieben, kann man untersuchen, welche Elektricität dem Elektroscop genähert wird. Es hat, auf die gedachte Weise behandelt, negative Elektricität — gehen die Blättchen noch mehr auseinander bei Annäherung eines geriebenen Körpers (z. B. eines Stückes Schwefel), so ist dessen Elektricität die *gleichnamige* (hier die negative), — fallen die Blättchen zusammen, so ist die genäherte Elektricität die freundschaftliche, *ungleichnamige* (also hier die positive). Im ersten Falle wird die Qualität der negativen Elektricität vermehrt, die Blättchen divergiren also stärker, im zweiten Falle wird die negative Elektricität des Instrumentes durch genäherte freund-

schaftliche gebunden, kann sich also nicht äußern, die Blättchen fallen zusammen.

Sind Glas und Harz bei dem Instrumente von guter Beschaffenheit und hinlänglich trocken, so hält dasselbe seine kleine Quantität Elektricität mehrere Stunden lang, ja in einem trockenen, staubfreien Raume Tage lang, und ist so empfindlich, daß man z. B. nur mit dem trockenen Rockärmel

Fig. 8.



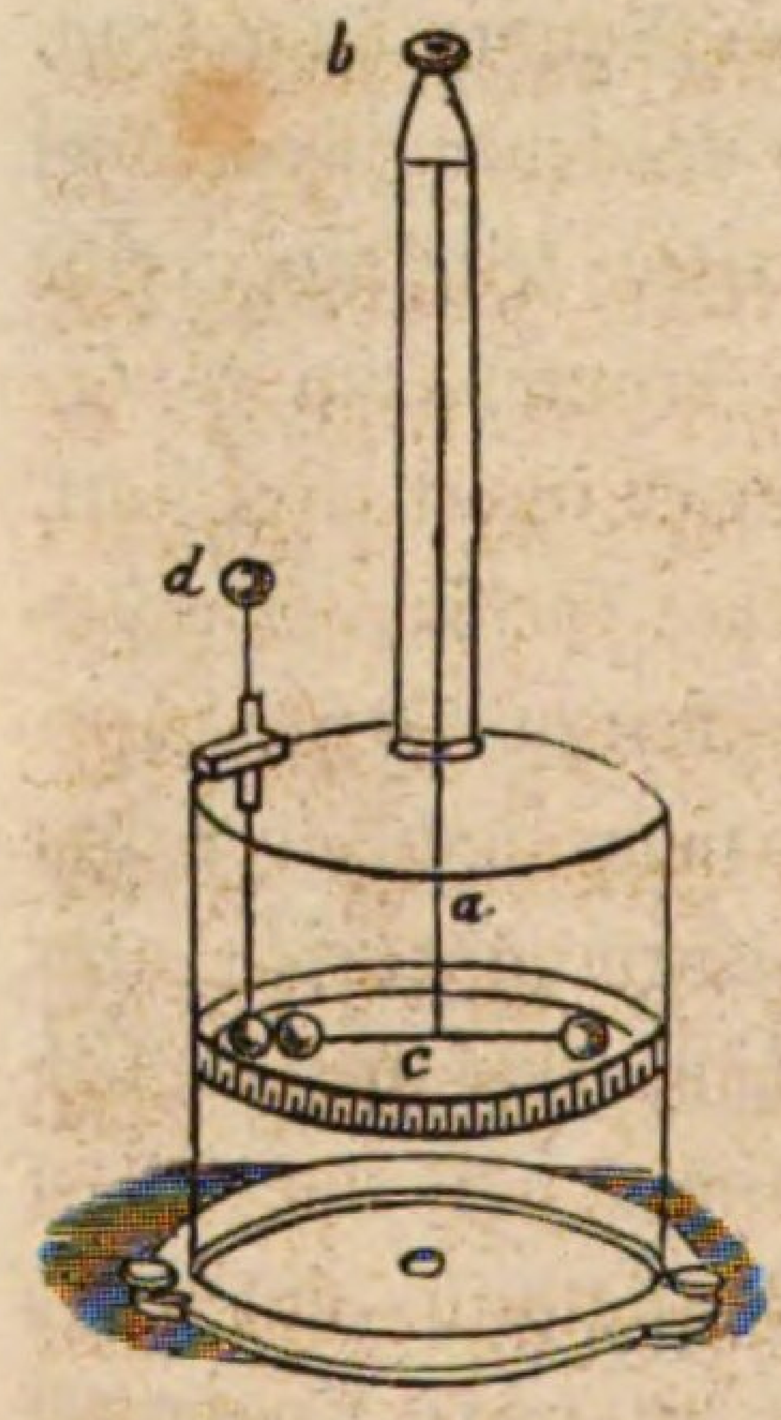
oder mit den Haaren des Backenbartes leise über eine Kante der Metallscheibe zu streichen braucht, um es sofort elektrisch geladen zu sehen. Weniger findet dies statt, wenn man nicht ein rings verschlossenes Gefäß, eine Kugel, eine Flasche, sondern einen von beiden Seiten offenen Glascylinder wählt. Dieser ist zwar auch oben mit einer Messingplatte *s* und unten mit einem ähnlichen oder hölzernen Fuße versehen, also scheinbar geschlossen, allein dennoch der Feuchtigkeit viel zugänglicher als eine Kugel oder eine Flasche von Glas. Allein in einer gewissen Hinsicht ist auch diese Anordnung vortheilhaft. Wenn die Goldblättchen eine zu große Quantität Elektricität erhalten haben, so gehen sie dergestalt auseinander, daß sie bis an die Wände des Glasgefäßes schlagen, diesem einen Theil ihrer Elektricität abgeben und nunmehr jeden weitern Versuch unsicher machen, indem man nicht weiß, ob bei einer neuen Ladung die Divergenz der Blättchen von der Elektricität der Flasche oder von der des zu prüfenden Gegenstandes herrührt.

Die Art, wie man diesen Uebelstand vermeidet, ist auf der obigen Zeichnung angegeben. Wenn bei *g* die beiden Goldblättchen hängen, so klebt man in der Richtung, in welcher sie divergiren, an die innere Wand des Glascylinders bei *s* und *t* zwei Staniolblättchen, etwas breiter als die Goldblättchen und so hoch, daß sie unter allen Umständen von den auseinanderschlagenden elektroscopischen Körperchen getroffen werden müssen. Nunmehr kann nichts geschehen, was das Experiment störte, denn die von dem Goldblättchen abgegebene Elektricität bleibt nicht mehr an dem isolirenden Glase haften, sondern wird durch den unelektrischen Leiter sofort abgeführt.

Es kommt übrigens nicht genau darauf an, daß man Goldblättchen zu den Zeigern wählt, Volta nahm statt derselben trockene glatte Grashälmchen; Cavallo wählte zwei ganz kleine Kügelchen von Sonnenblumenmark, die an leinenen Fäden oder an äußerst feinen Drähtchen hingen. Von dem Bohnenberger'schen Elektroscop werden wir in einem späteren Abschnitte handeln.

Die Drehwaage.

Fig. 9.



Ein sehr empfindliches Instrument, allerdings nicht für den Dilettanten, sondern nur für den im Experimentiren sehr geschickten Naturforscher brauchbar, ist die von Coulomb erfundene Drehwaage. Ein weiter Glascylinder wird auf seiner äußeren Rundung in 360 Grade eingetheilt, auf seiner oberen Fläche liegt eine Glastafel, welche an zwei Stellen durchbohrt ist, genau in der Mitte, so daß die Oeffnung 1 Zoll weit ist und ebenso groß, ziemlich nahe am Rande, etwa 1 Zoll von diesem letzteren entfernt.

Auf die mittelste Oeffnung kommt eine mehr als fußlange Glasröhre, welche durch einen Stöpsel *b* verschlossen werden kann, in deren Mitte ein äußerst feiner Silberdraht *ab* befestigt ist. An dessen unterm Ende hängt horizontal und im Gleichgewicht ein feines Stängelchen von Schellack *c*, das an einem Ende eine kleine Kugel von Sonnenblumenmark, die mit Blattgold überzogen ist, am andern aber des Gleichgewichtes wegen ein kleines Kügelchen von Schellack trägt. Man dreht bei dem Experiment den Stöpsel in der Glasröhre, so daß die Kugel beinahe unter die seitlich in der Decktafel angebrachte Oeffnung zu stehen kommt; durch diese senkt man den Körper, dessen Elektricität man prüfen will, so daß er mit dem Kügelchen der Drehwaage in Berührung kommt, wodurch dieses geladen und abgestoßen wird. Aus der Entfernung derselben von dem ladenden Körper schließt man auf die Stärke der Ladung, sowie man dadurch auch das Gesetz auffinden kann, nach welchem die Wirkung der Elektricität durch die Entfernung ab-, durch die Annäherung zunimmt, es ist dieses Gesetz folgendermaßen auszudrücken: „die abstoßende (oder anziehende gleichviel) Kraft der Elektricität nimmt umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernung ab oder zu."

Da dieser Ausdruck jedoch ein rein mathematischer ist, so muß derselbe hier, wo wir keine Kenntniß der Mathematik voraussetzen dürfen, erklärt werden. Das Quadrat einer Zahl 3 — 10 — 12 ist diejenige Zahl, welche herauskommt, wenn man die gedachte Zahl mit sich selbst multiplicirt — das Quadrat von 3 ist dreimal drei oder 9, das Quadrat von 10 ist demnach 100, von 12 ist 144 u. s. f.

Wenn die Entfernung eines Gegenstandes von einem anderen veränder-

lich ist, sie also aus der Entfernung 1 in die doppelte 2 oder dreifache 3 übergehen kann, so sind die Quadrate dieser Entfernungen 1mal 1, 2mal 2, 3mal 3, 4mal 4 d. h. 1, 4, 9, 16.

Wenn etwas sich verhält, umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen, so macht man aus diesen Quadratzahlen Brüche mit einer 1 als Zähler: $^1/_1$, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$.

Demnach hat man bei dem oben ausgesprochenen Gesetz gefunden, daß wenn zwei Körper sich in der Entfernung 1 abstoßen mit der Kraft 1, sie sich bei der Entfernung 2 abstoßen mit der Kraft $^1/_4$ und bei 3 mit der Kraft $^1/_9$ — d. h. 4mal oder 9mal geringer als vorher.

Und so bei der Annäherung nach dem nämlichen Gesetz, in der Entfernung 1 stoßen sie sich ab mit der Kraft 1. In der Entfernung $^1/_2$ mit dem Quadrat $^1/_4$ umgekehrt, d. h. $^4/_1$ oder 4mal; in der Entfernung $^1/_3$ oder $^1/_6$, $^1/_9$ oder $^1/_{36}$ umgekehrt, d. h. $^9/_1$ oder $^{36}/_1$ d. h. 9mal oder 36mal so stark als in der Entfernung 1.

Noch besser wird dieses letzte Beispiel vielleicht ausgedrückt, wenn man sagt, in der sechsfachen Entfernung ist die Abstoßung $^1/_{36}$ von der Abstoßung in der einfachen Entfernung, in der fünffachen ist sie schon viel stärker, sie ist nicht blos $^1/_{36}$, sondern schon $^1/_{25}$ der ersten. In der Entfernung von dem nur dreifachen Abstande ist sie auf $^1/_9$ gestiegen (d. h. sie ist viel größer geworden, denn $^1/_9$ ist gleich $^4/_{36}$), in der Entfernung 1 ist sie $^1/_1$ oder $^{36}/_{36}$.

Dieses Gesetz wiederholt sich in der Natur sehr häufig, daher es von Wichtigkeit war, dasselbe hier genau zu erläutern. Dagegen ist es gar nicht gelungen ein anderes Gesetz zu finden, nach welchem man bestimmen könnte, welche Elektricität ein unbekannter Körper, nach seiner äußeren Beschaffenheit beurtheilt, würde zeigen müssen. Man hat behauptet, daß der härtere Körper, dem weicheren derselben Geltung gegenüber, positiv elektrisch ist — es hat sich nicht bestätigt, denn Schwefel ist härter als Bernstein und wird doch stärker negativ als dieser, Bernstein ist härter als Schellack und wird doch mehr negativ als dieser, dagegen ist Colophonium viel weicher als Schellack und wird doch stärker negativ.

Hier ist doch übrigens noch einiger Sinn in dem Gesagten, allein wenn man nun gar die Körper im allgemeinen nach ihrer Härte klassificiren, und daraus auf ihr Elektrischwerden schließen will, so ist in den Behauptungen, welche dahin gehören, wenig Verstand zu finden, wie man aus der Vergleichung des einzelnen Körpers in der Spannungsreihe Seite 26 ersehen kann, wo Diamant zwischen Kaninchenfell und Katzenfell — Turmalin, Glas ꝛc. zwischen Wolle und Hasenfell steht. Es scheinen diese Bemühun-

gen auch mehr eine Spielerei als etwas Verdienstliches. Die Physik ist eine Erfahrungswissenschaft, jede einzelne Thatsache will nicht a priori bestimmt, sie will erforscht, gesucht sein — wer dieses thut, wird immer zu Resultaten gelangen. „Suchet, so werdet ihr finden."

Wir haben bisher nur von den geriebenen Isolatoren gesprochen, allein auch auf die Leiter ist das Gesagte anwendbar; auch diese werden durch Reibung elektrisch, sogar die Flüssigkeiten und die Dämpfe derselben sind hiervon nicht ausgenommen, und wenn man recht starke Elektricitätsentwickelung beabsichtigt, so reibt man einen Nichtleiter (Glas) mit einem Leiter (Metall) und erhält knisternde Funken von demselben und baut auf solche Weise die Elektrisirmaschine; oder man reibt dünne Platten von Gutta-Percha mit der Hand und kann ganz dieselben Erscheinungen wahrnehmen. Immer jedoch so, daß die auf der geriebenen Fläche erregte Elektricität beschränkt ist auf die geriebene Stelle, indessen der reibende Leiter elektrisch ist über seine ganze Ausdehnung — der Nichtleiter ferner seine Elektricität abgiebt, nur von der Stelle, welche berührt wird, der Leiter aber sie bei der Berührung gänzlich abgiebt.

In dieser letzteren Erscheinung liegt der Grund, wegen dessen man lange Zeit hindurch geglaubt hat, daß die Leiter nicht elektrisch werden, weil sie die in ihnen erregte Elektricität durch die haltende Hand sofort abgaben.

Vertheilung der Elektricität.

Wir hatten bisher die Erregung der Elektricität durch Reibung vorzugsweise im Auge, es giebt außer den vielen oben angeführten Erregungsarten jedoch noch eine, welche in Folge einer bereits auf andere Weise erregten, in Folge einer bereits vorhandenen auftritt, dies ist die Vertheilungs-Elektricität.

Wenn ein elektrisirter Körper in die Nähe eines anderen nicht elektrisirten Körpers gebracht wird, so macht er diesen letzteren elektrisch, so lange er in dessen Nähe bleibt; die Elektricität des zweiten Körpers hört jedoch auf, sobald der erste hinweggenommen wird.

Ohne die Erscheinung zu benennen, gedachten wir derselben bereits bei der Elektrisirung der Elektroscope, dieses geschieht durch Vertheilung. Eine dem Instrument genäherte geriebene Glas- oder Siegellackstange macht es für die Dauer ihrer Anwesenheit in der Nähe des Elektroscopes elektrisch. Die Elektrisirung wird dauernd (aber dem genäherten Körper entgegengesetzt), wenn man während der Annäherung den Apparat ableitend berührt.

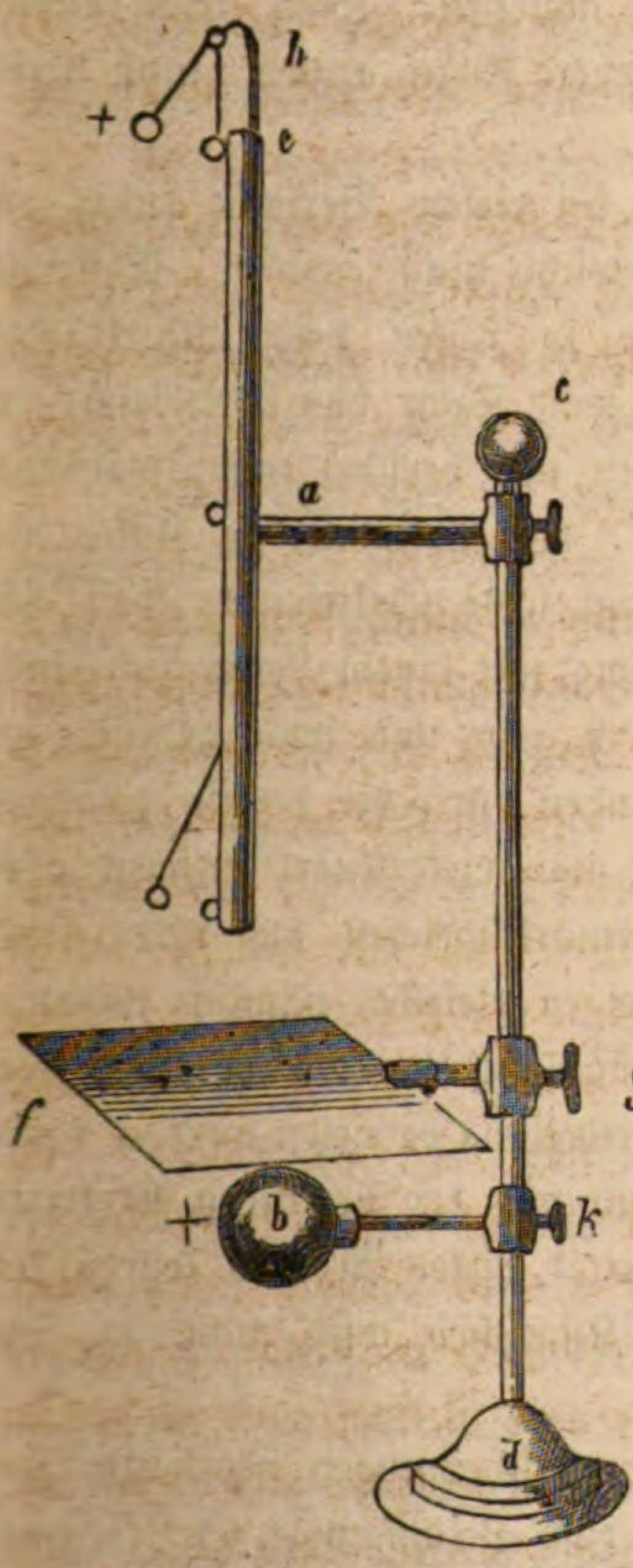
Die Elektricität, welche man abgeleitet hat, heißt die freie, die andere

die gebundene. Die erstere ist immer die, dem genäherten elektrischen Körper gleiche, die andere, gebundene, ist die entgegengesetzte. Die gebundene Elektricität wird aber zur freien, sobald man den sie bindenden elektrischen Körper entfernt.

Ist der Leiter, an welchem diese Versuche gemacht werden, gut isolirt und etwa 1 Fuß lang, so läßt sich der Vorgang selbst sehr deutlich nachweisen, nähert man dem einen Ende dieses Leiters eine geriebene Glasstange, so wird dieses nächste Ende negativ, das entgegengesetzte positiv sein, in der Mitte des Leiters befindet sich eine Stelle, welche indifferent ist.

Das kleine zierliche Instrument, welches den Beweis für das Ausgesprochene liefern soll, ward früher fehlerhaft construirt und that deshalb seine Dienste nicht; ein besseres, neueres, befindet sich nebenbei gezeichnet: *ae* ist ein Messing-Cylinder, oben und unten abgerundet, bei *a* selbst mit einer

Fig. 10.



Hülse versehen, durch welche er an der Glasstange *c*, die in dem schweren metallenen Fuße *d* festsitzt, befestigt werden kann. Oben bei *e* ist in der halbrunden Fläche des Cylinders ein feines Glasstängelchen eingekittet, welches bei *h* gebogen, ein Kügelchen von Holundermark von der Größe einer Erbse trägt. Der Faden, woran es hängt, muß sehr fein und Seide sein. Ein zweites Kügelchen ist an der langen Seite des Cylinders so befestigt, daß es gerade in der Mitte desselben frei hängt, der Befestigungspunkt befindet sich also etwa 2—3 Zoll oberhalb der Mitte. Ein drittes Kügelchen ist ganz auf gleiche Weise an der Vorderseite des Cylinders weiter unten angeheftet, so daß das Kügelchen selbst gerade am Ende des Cylinders hängt.

Unter diesem Cylinder ist eine Scheibe *f* (s. Fig.) von dem dünnsten Glase, das man bekommen kann, an einer Hülse *g* befestigt, so daß sie an der Stange *cd* auf- und abgeschoben werden kann. Dasselbe gilt an der Messingkugel *b*, welche an einer Glasstange mittelst der Hülse *k* auf der Stange *cd* verschiebbar ist.

Im gewöhnlichen Zustande hängen die Kügelchen senkrecht herunter, der ganze Apparat ist indifferent, die in ihm, wie in jedem Körper der Erde enthaltenen Elektricitäten befinden sich im Zustande des Gleichgewichtes, zeigen sich mithin nicht.

Sobald man nun der Kugel *b*, mittelst eines Funkens, Elektricität mittheilt, sieht man das unterste und das oberste Kügelchen sich mit einem Sprunge von dem Cylinder entfernen und in der schrägen Richtung stehen bleiben, welche die Linien andeuten.

Ist die der Kugel mitgetheilte Elektricität die positive, so wird nunmehr die ihr zunächst hängende Kugel negative zeigen und die entferntere die gleichnamige; die + E der Kugel *b* stößt die + E des Cylinders so weit hinweg als möglich, d. h. bis an das Ende des Cylinders. Man kann sich hiervon sehr leicht durch ein Stängelchen Schellack, Siegellack überzeugen, man streicht dasselbe einmal über den trockenen Rockärmel, so wird es die obere der beiden Kugeln anziehen, die untere abstoßen. Harz wird durch Reibung mit Thierhaaren negativ, da es die obere Kugel anzieht, muß diese positiv sein.

Die in der Mitte hängende Kugel bleibt bei diesem Versuche ruhig an ihrem Orte, dort ist das elektrische Gleichgewicht nicht gestört. Entfernt man die Kugel *b*, oder entladet man dieselbe, so fallen beide Markkügelchen senkrecht herab und an dem Apparat ist keine Spur von Elektricität zu finden. Läßt man aber die große Kugel geladen und berührt man, während die kleinen Kügelchen die schräge Lage haben, den Cylinder, so sinken sie gleichfalls senkrecht herab und der Cylinder zeigt keine Elektricität, weil die ungleich vertheilte Elektricität durch die Berührung mit einem Leiter sich ausgleichen konnte — allein der Cylinder ist doch ganz und zwar negativ geladen, diese negative Elektricität wird nur gebunden durch die positiv geladene Kugel *b* und sie tritt sofort thätig auf, wenn man diese Kugel entfernt oder entladet. Alsdann gehen alle drei Holundermarkkügelchen aus ihrer senkrechten Lage in die schräge über und alle drei zeigen dieselbe, nämlich negative Elektricität. Der Versuch ist sehr lehrreich und läßt eine Menge Modificationen zu, durch welche die Lehre von der Vertheilung bewiesen werden kann.

Es gilt natürlich alles oben Gesagte auch von der negativen Elektricität. War die der Kugel mitgetheilte Elektricität dieser Art, so kehren sich nur die Bezeichnungen um, — das oberste Kügelchen wird nicht +, sondern — E u. s. f.

Die Erklärung — so weit die elektrischen Erscheinungen überhaupt uns erklärlich sind — findet sich in dem Gesetz, daß gleichnamige Elektricitäten sich abstoßen und ungleichnamige sich anziehen. Der isolirte Leiter, von

welchem hier die Rede ist, hat positive und negative Elektricität im Gleichgewicht an seiner Oberfläche. Der genäherte positiv elektrische Körper stößt die in dem Leiter enthaltene positive Elektricität fort bis an das andere Ende, und zieht die ihm freundschaftliche negative Elektricität zu sich in seine größte Nähe. Die erstere ist frei, die letztere ist gebunden; die erstere kann also abgeleitet werden, die andere nicht.

Wir haben etwas vollkommen Entsprechendes in den Erscheinungen des Magnetismus. Bringt man ein Stück Stahldraht in eine horizontale Lage und nähert man demselben einen Magnetstab bis auf 1 Fuß 1 Zoll, je nach der Kraft des Magnets, so wird man bei der Untersuchung des Stahldrahtes finden, daß er magnetisch ist und zwar so, daß sein dem Magnete zugekehrtes Ende den diesem freundschaftlichen (den ungleichnamigen) — sein vom Magnete abgekehrtes Ende aber den feindlichen (den gleichnamigen) Magnetismus enthält.

Entfernt man den Magnet von dem Stahldrahte, so hört jede magnetische Erscheinung an demselben auf.

Wenn man dieses Experiment wiederholt, aber an das vom Magnete abgekehrte Ende des Stahldrahtes einen zweiten Stahldraht hält, so wird dadurch der in dem ersten Stücke abgestoßene Magnetismus fortgeleitet, und beide Stahlstücke sind nunmehr bleibend magnetisch und zwar mit den einander zugekehrt gewesenen Enden verschieden!

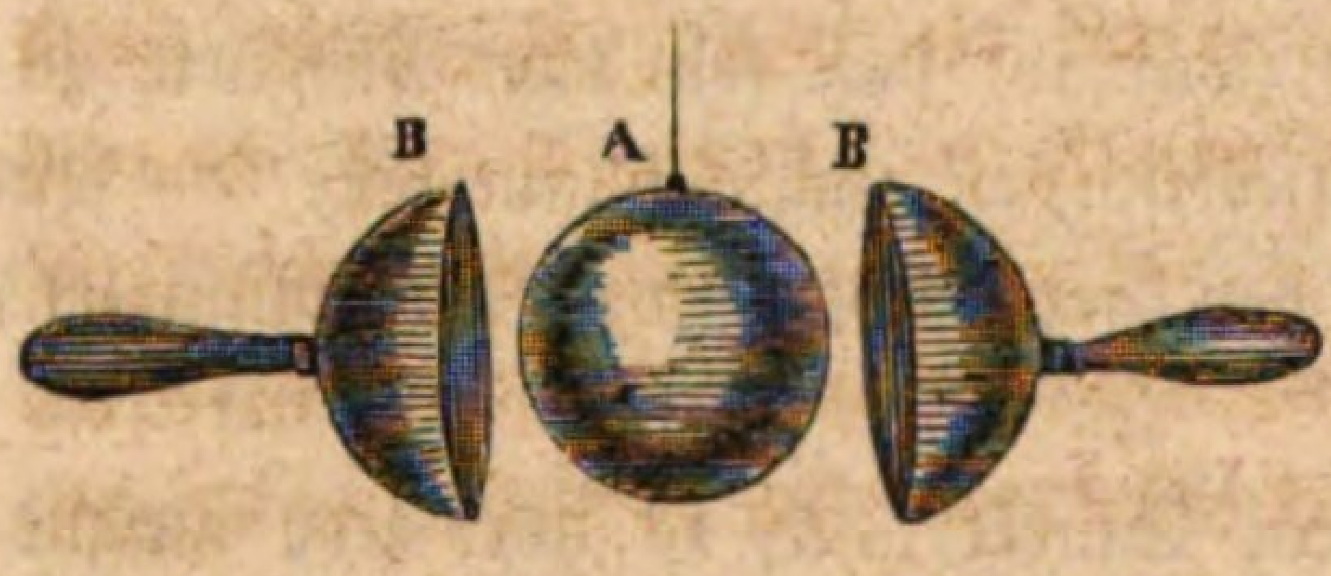
Man sieht hier die große Aehnlichkeit der Erscheinungen auf eine überraschende Weise hervortreten, und darum ist es bei dem jetzigen Stande unseres Wissens beinahe unmöglich, Magnetismus und Elektrictität von einander gesondert zu betrachten, denn auch die durch Vertheilung erregte (inducirte) Elektricität wird durch den Magnetismus hervorgebracht, gerade wie der durch Vertheilung erregte oder inducirte Magnetismus durch die Elektricität. Dies ist Thatsache, was die Ursache ist, wissen wir nicht.

Ausbreitung der Elektricität.

Die Elektricität verbreitet sich über die Oberfläche eines Leiters ganz gleichmäßig. Wird ein Cylinder, eine Kugel, eine ebene Tafel durch einen elektrischen Funken in den Zustand versetzt, den wir positiv oder negativ elektrisch nennen, so ist dieser Zustand über die ganze Ausdehnung der Flächen derselbe. Ist der elektrisirte Gegenstand eine Kugel, und hat dieselbe, gut isolirt, eine gewisse elektrische Ladung empfangen, so nimmt man an einem mit der Kugel verbundenen Elektroscope die Spannung wahr, welche dem Grade der Ladung zukommt, die Fäden mit dem Kügelchen divergiren überall gleich stark.

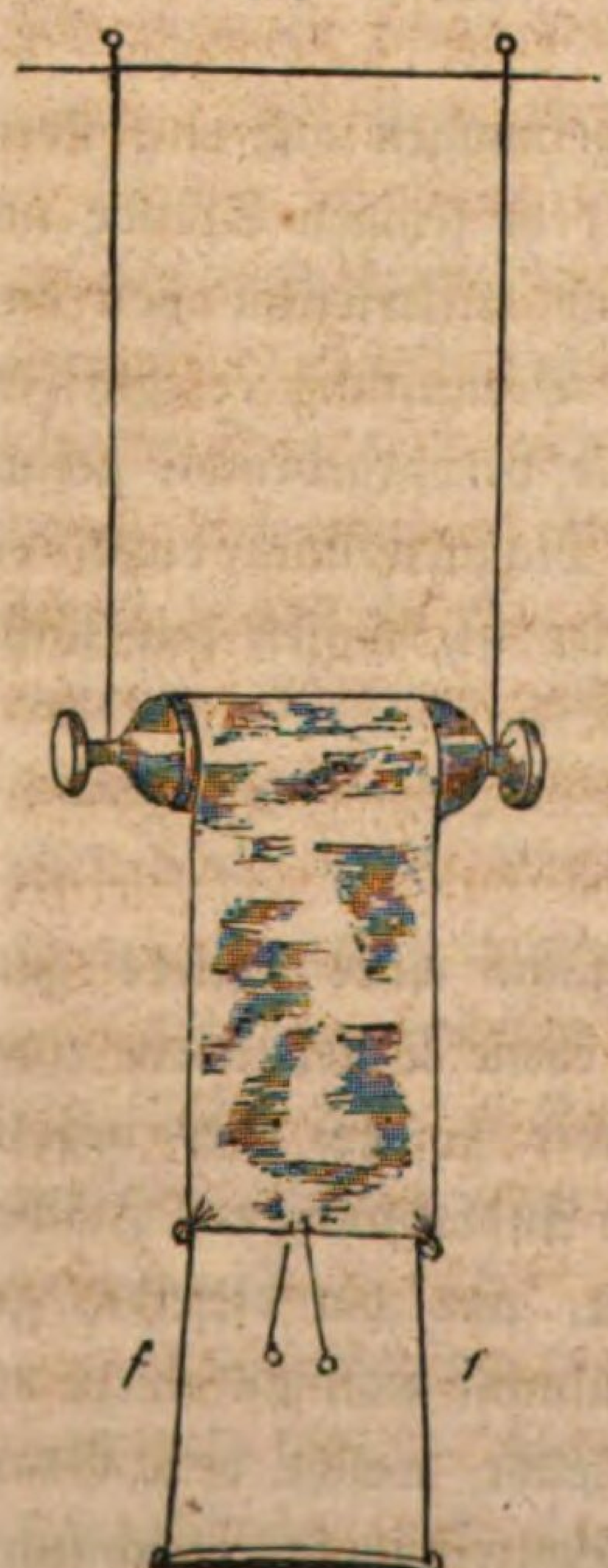
Hat man nun eine zweite Kugel, ebenso groß, wie die erste und ebenso gut isolirt und mit einem gleichen Elektroscop versehen, und bringt man diese zweite (nicht elektrische) mit der ersten in Berührung, so werden die Kügelchen an dieser ersten sofort um ein Bedeutendes zusammensinken, dagegen werden die Kügelchen der vorhin unelektrischen Kugel nunmehr divergiren und anzeigen, daß ein Theil der Elektricität der ersten Kugel auf die zweite übergegangen ist. Die früher auf einer Kugel aufgehäufte Elektricität hat sich jetzt auf beide ganz gleich vertheilt.

Fig. 11.



Der Versuch kann auch auf folgende Weise gemacht werden. *A* ist eine Metallkugel, welche an einem seidenen Faden hängt. *B* und *B* sind zwei metallene Halbkugeln, gerade groß genug, um *A* passend zu verschließen und von allen Seiten zu berühren. Die Halbkugeln sind mit isolirenden Handhaben versehen. Legt man sie dicht an die Kugel *A* und elektrisirt nun das ganze System, so wird man mittelst daran befestigter Elektroscope die Stärke der Elektrisirung wahrnehmen. Entfernt man nunmehr die Halbkugeln *B* und *B* von *A*, so ist die Menge der vorhandenen Elektricität auf die dreifache Oberfläche vertheilt und sofort sinken auch die elektroscopischen Kügelchen verhältnißmäßig zusammen. Bringt man jedoch die Halbkugeln wieder geschickt und passend an die innere ganze Kugel, so zeigen die Fäden auch wieder ganz die frühere Divergenz.

Fig. 12.



Das Experiment kann noch auf andere Weise angestellt werden. Die nebenstehende Figur dient zur Versinnlichung. Eine cylindrische, an beiden Enden abgerundete Rolle von Papier, ganz mit Staniol beklebt, hat an ihren beiden Enden zwei hölzerne, wohl befestigte Knöpfe, woran man zwei starke Seidenfäden so knüpft, daß sie sich nicht auf dem Röllchen drehen. Die Fäden sind ein paar Fuß lang und werden oben durch zwei Nägel, entweder an der Zimmerdecke oder an einem beliebigen Gestelle gehalten. Ein Blatt Staniol wird an die Rolle angeleimt, so daß es seiner Länge nach herunter hängt, wenn die Leimstelle

trocken ist, so rollt man das Staniolblatt ganz auf den Cylinder, bis nur das letzte Ende, woran ein Stäbchen querüber befestigt ist, frei bleibt. An diesem Stäbchen sind zwei seidene Fäden, gleich denen, woran der ganze Apparat hängt, befestigt, an ihren Enden ist ein zweites Stäbchen angeknüpft, wie die Figur zeigt. Am Ende des Staniolblattes hängt ein Elektroscop, zwei Kügelchen an leinenen (nicht seidenen) Fäden.

Elektrisirt man die Staniolrolle, wenn das ganze Blatt aufgewickelt ist, so gehen die Kügelchen weit auseinander. Sowie man mittelst des untersten Stäbchens das Staniolblatt herabzieht, so daß es sich abwickelt, so wird die Metallfläche viel größer als sie früher war, und in demselben Grade wie sie größer wird, gehen die Kügelchen mehr und mehr zusammen. Läßt man in dem Zuge nach, so rollt das Staniolblatt sich wieder auf, und so wie dadurch die Oberfläche sich verringert, so gehen die Kügelchen des Elektroscopes auch wieder auseinander, womit bewiesen wird, daß die Elektricität sich über die ganze leitende Fläche ausbreitet nnd um so geringere Spannung hat, je größer die Fläche, dagegen um so größere, je kleiner die Fläche ist, über welche sie sich ergießt.

Die Elektrisirmaschine.

Zu den bisher beschriebenen Erscheinungen bedurfte man nur geringer Mengen freier Elektricität. Will man jedoch stärkere Wirkungen haben, so muß man größere Mengen Elektricität zu entwickeln suchen und hierzu dient die Elektrisirmaschine.

Eine solche besteht aus einem zu reibenden Isolator, einem die Reibung bewirkenden Leiter oder Isolator, und einem, die entwickelte Elektricität auffangenden Leiter, welcher isolirt sein muß.

Der geriebene Körper kann sein: Glas, Harz, Wolle oder Seide, der reibende Metall oder Thierfell, der Conductor oder Leiter, irgend ein hohler, gerundeter Körper von Metall auf Glasfüßen stehend.

Der geriebene Körper kann die Form einer Kugel, eines Cylinders, einer Glocke, einer Scheibe oder endlich eines Bandes haben; der reibende Körper richtet sich in seiner Form stets genau nach der des zu reibenden Körpers, dem er sich anschließen muß; die Form des Conductors endlich kann die einer Kugel, eines an beiden Seiten abgerundeten Cylinders oder eines langen, spiralförmig gewundenen Drahtes sein.

Dieses waren die allgemeinen Bedingungen zum Bau einer Elektrisirmaschine. Um denselben näher kennen zu lernen, müssen wir uns mit einigen solchen speziell beschäftigen.

Die älteste Form des geriebenen Isolators zur Elektrisirmaschine ist die

Kugel; wir führen dieselbe nicht darum an, um die Nachahmung zu empfehlen (wiewohl der Verfasser selbst eine Kugelmaschine, allerdings mit einem Glaskörper von 1 Elle Durchmesser, besitzt, welche eine ganz außerordentliche Wirkung hat), sondern um zu zeigen, wie alles sich so nach und nach gestaltet hat bis zur Vollendung in der jetzigen Form.

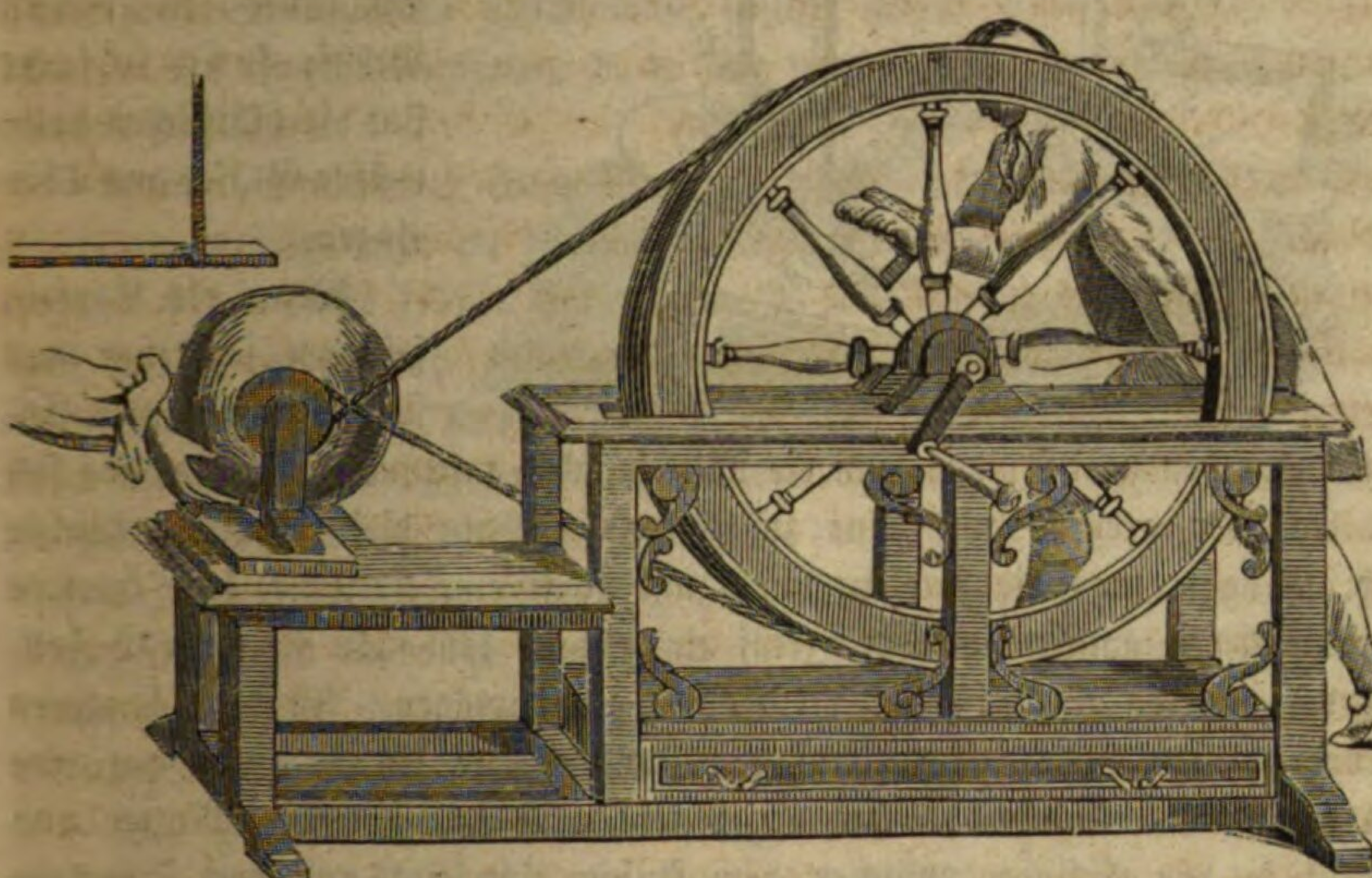
Otto v. Guerike bediente sich einer Schwefelkugel, welche er, auf einer Axe befestigt, umdrehen ließ, indeß eine andere Person die eine Hand oder beide Hände an den äußeren Umfang derselben hielt und die Reibung der Kugel an der Hand nunmehr die Elektricitäten trennte, und die negative zum Ausscheiden brachte, die aufgesammelt werden konnte, indeß die positive durch die Hand fortgeführt wurde. Zur fühlbaren Herstellung der positiven bediente man sich noch lange der Glasröhren, die mit der Hand oder mit Seidenzeug gerieben wurden, bis 80 Jahre nach Otto v. Guerike's Versuchen ein junger deutscher Gelehrter Litzendorf, damals Erzieher des Grafen Gebhardt von Hoym, den Professor Hausen in Leipzig (bei welchem er mit seinem Zögling Vorträge über Physik hörte) auf den Gedanken brachte, die Reibung des Glases auf eine bequemere Weise durch Umdrehung desselben um eine daran befestigte Axe zu bewerkstelligen. Professor Hausen nahm diese Idee sofort auf und ließ eine spinnradartige Maschine zusammenstellen, bei welcher eine Kugel von Glas anstatt der bisher gebrauchten Röhre angewendet, um ihre Axe gedreht und mittelst einer daran gehaltenen Hand elektrisirt wurde. Professor Winkler in Leipzig beschreibt (1745) eine solche Maschine mit vier gleichzeitig durch einen Schnurlauf gedrehten Glaskugeln, welche durch die Hände zweier Personen gerieben wurden. Der Drechsler Gießing in Leipzig kam auf den Gedanken die Hände durch Lederkissen zu ersetzen, dieselben konnten durch Stellschrauben den Glaskugeln zweckmäßig genähert werden, da sie jedoch dem ungleichmäßigen Umlauf derselben nicht gehörig nachgaben, so verwarf Winkler dieselben bald und kehrte zu den reibenden Händen zurück, allein da nicht Jedermann seine Hände zu diesem etwas schmerzhaften Experiment hergeben mochte, nahm man doch die Kissen wieder vor und änderte ihre Befestigungsart dahin ab, daß sie, durch Federn getragen, einen gleichmäßigen und nöthigenfalls nachgebenden Druck auszuüben vermochten.

Interessant ist eine Originalzeichnung einer Maschine des Abbé Nollet, welche hier beigefügt ist und gleichzeitig die Maschine darstellt, welche von den deutschen Gelehrten erfunden, von den französischen als die ihrige adoptirt worden ist, eine Ehre, welche sie mit Uebergehung ihres Ursprungs den deutschen Erfindungen gerne angedeihen lassen.

Die Zeichnung erklärt sich eigentlich von selbst, man sieht ein großes

Rad durch einen Mann gedreht, mit einem ungeschickt großen Gestelle, an welchem ein kleineres befestigt ist, das die Glaskugel trägt, an die eine Hand angelegt ist. Diese bildet, wie schon öfter bemerkt, das Reibezeug. Einige Zoll weit von der Hand suchte man dasjenige aufzufangen, was durch die Drehung, die manchem Tagelöhner eine Portion seiner Haut gekostet haben mag, entwickelt wurde.

Fig. 13.

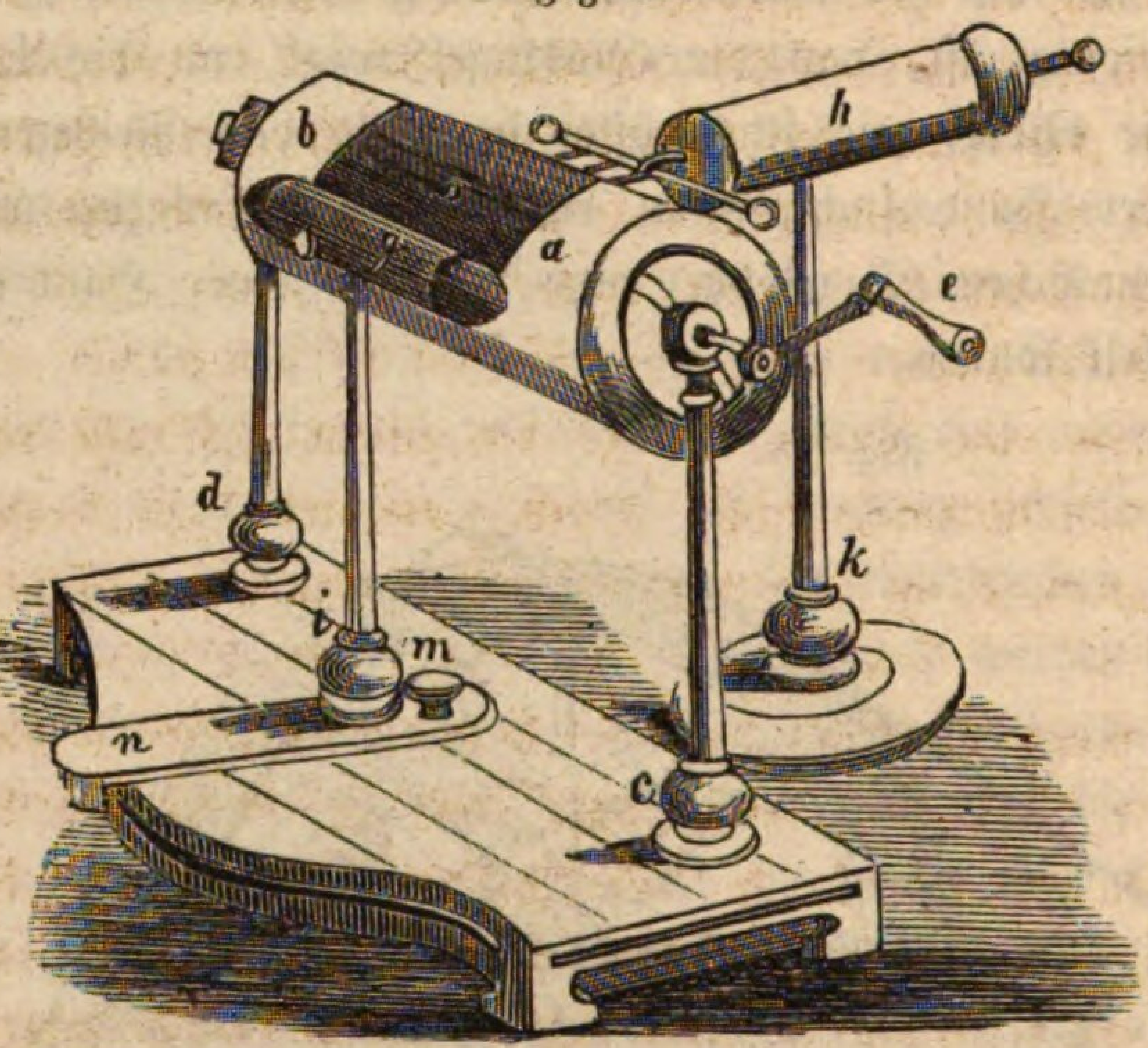


Cylindermaschinen.

Die Kugeln überhaupt hat man verlassen, weil die Anbringung eines wirklichen, ordentlichen Reibezeuges an denselben Schwierigkeiten bietet, und man hat Cylinder von Glas, gewöhnlich von größerer Ausdehnung wie die Kugeln, mit Vortheil gewählt, doch kann man, wenn die Kugel groß ist, wie z. B. ein Ballon zur Aufbewahrung von Schwefelsäure, damit ganz ungewöhnliche Resultate erlangen.

Die in Fig. 14 gegebene Form ist die beste und man thut wohl, sich nach einer genau gegebenen Zeichnung dergleichen blasen zu lassen. Die Fläche des Cylinders muß möglichst gerade und durchaus frei von Knoten oder Blasen sein. An die beiden Enden, welche offen sind, kittet man mit Harz und Ziegelmehl hölzerne, wohl gerundete Kapseln. Das Holz muß sehr trocken sein, am besten ist daher Buchsbaum welches mehrere Jahre alt ist, doch auch Ellernholz thut die nöthigen Dienste.

Fig. 14.



ab ist ein Cylinder von hartem, am besten von grünem Bouteillenglase. Nur die Eitelkeit des Besitzers fordert Crystallglas oder wenigstens feines, weißes Glas zu diesem Behuf; sehr schlecht sind die bläulichen halbweißen Gläser aus Thüringen.

Wenn die Kapseln festsitzen, so bringt man sie mit sammt dem Cylinder zwischen zwei Spitzen, um die Mittelpunkte aufzusuchen, um welche sich der Cylinder drehen kann ohne zu schlagen. Wenn diese Punkte gefunden sind, so bohrt man die Kapseln durch und steckt eine hölzerne, sehr trockene Axe durch den ganzen Cylinder. Auf einer Seite läßt man sie etwa 2 Zoll, auf der anderen 6 Zoll über die Kapseln hervorragen. An dem längeren hervorragenden Ende ist ein Ansatz befindlich, das kürzere Ende hat eine gut geschnittene Schraube. Auf dieses setzt man eine hölzerne Mutter und spannt so den Cylinder zwischen dem Ansatz einerseits und der Schraube andererseits ein. Der Cylinder muß festsitzen, so daß er sich nicht auf der Axe drehen läßt, allein man darf das Anziehen der Schrauben nicht übertreiben, weil man dadurch den Cylinder zersprengen kann.

Der so vorgerichtete Cylinder, an dessen Axe eine Curbel *e* befestigt ist, wird auf zwei hölzerne oder gläserne Ständer *c*, *d* eines Gestelles, welches die Figur zeigt, gelegt. Die Axe geht oben durch die beiden Ständer hindurch und gestattet in ihren Lagern durch die Curbel gedreht zu werden.

Es handelt sich jetzt noch um das Reibezeug, welches anzubringen bei einem Cylinder einige Schwierigkeiten hat. Dasselbe wird gewöhnlich auf einer gläsernen Säule *i*, oder bei größerer Länge des Cylinders auf ein paar gesetzt, hat jedoch niemals den nöthigen elastischen Druck gegen den Cylinder, wenn es schon auf Federn ruht; ich habe daher stets vorgezogen, es in elastische Bänder zu hängen, wie man deren zu Hosenträgern aus Gummi-Elasticum und Seide (also aus isolirenden Substanzen gewebt) bekommt.

Den eigentlichen Körper des Reibezeuges schneidet man am besten aus

einer dicken Korkplatte. Soll er durch Federn angedrückt werden, so kann er überall gleiche Stärke haben; durch Band befestigt, muß er in der Mitte viel dicker sein, weil sonst der Druck des Bandes nur auf die beiden Enden vorzugsweise wirken würde, indeß man denselben auf die ganze Glasfläche, die das Reibezeug berührt, gleich stark haben will.

Hier muß zuerst bemerkt werden, daß fast sämmtliche Lehrbücher angeben, das Reibezeug dürfe eine Breite haben, die einem Drittheil des Umfanges des Cylinders gleichkomme, müsse jedoch wenigstens den vierten Theil dieser Breite einnehmen, d. h. den vierten Theil der ganzen Cylinderfläche einschließen.

Wenn der Cylinder einen Umfang von 5—6 Zoll hat, so ist dies allerdings richtig, denn die Breite des Reibezeuges muß ⁵/₄ bis ⁶/₄ Zoll betragen. Allein einen solchen Cylinder, d. h. eine gewöhnliche Glasröhre, die man mit Daumen und Zeigefinger umschließen kann, einen Cylinder zu einer Gaslampe, wird wohl Niemand zu einer Elektrisirmaschine verwenden. Man wählt doch wenigstens eine solche von 8 Zoll, noch lieber von 15 bis 20 Zoll Durchmesser, wenn man ihn bekommen kann, und bei einem solchen ist ein Reibezeug von 1½ Zoll Breite vollkommen genug. Die häufigen Klagen über zu geringfügige Wirkung einer Elektrisirmaschine finden gewöhnlich ihre Erledigung, wenn man das Reibezeug bis auf ein Drittheil, ein Viertheil seiner bisherigen Breite reducirt.

Der ganze Körper des Reibezeuges wird mit Hirschleder überzogen. Diejenige Fläche, welche an den Cylinder gedrückt werden soll und daher etwas hohl sein muß, wird mit mehrfach übereinandergelegten Tuchstreifen beklebt, dergestalt, daß in der Mitte der Fläche weniger sind als an beiden Kanten, wodurch die verlangte Höhlung entsteht.

Ueber diese Tuchbedeckung zieht man doppelt oder dreifach Seidenzeug, und endlich über alles dieses ein großes Stück starke Seide, welches so breit ist wie das ganze Reibezeug, und so lang, daß es von diesem bis um die Hälfte (oder doch wenigstens um ein Drittheil) des Cylinders reicht.

Derjenige Theil dieses Stückes Taft, welcher auf dem Reibezeuge selbst gut befestigt ist, wird mit Talg eingerieben (keine Salbe darauf gestrichen, sondern nur so weit eingefettet, als nöthig, um das Amalgam haften zu machen) und hierauf amalgamirt.

Dies ist für alle Arten von Elektrisirmaschinen von größter Wichtigkeit und fordert deshalb eine genaue Auseinandersetzung.

Man will das Glas (Cylinder, Scheibe) mit Metall reiben, dazu könnte man gewalztes Zinn (Staniol), Tabacksblei, Goldpapier und dergl. nehmen, dies giebt zwar Elektricität, doch nicht genug, darum wählt

man das Metall in Pulverform; man schmilzt 1 Unze Zinn und 1 Unze Zink zusammen und gießt zu diesem Gemisch 2 Unzen Quecksilber. Nach einigem Umrühren wird die Legirung (welche man, wie alle Legirungen mit Quecksilber, Amalgam nennt) auf einem flachen Stein oder einer Eisentafel ausgegossen und dann in einem steinernen oder eisernen Mörser gerieben und zwar so lange, bis alles zu einem unfühlbaren ganz schwarzem Pulver geworden ist.

Man lasse sich durch die Zeit, die dieses fordert, durch die Mühe, welche es erheischt, nicht irre machen, man sage nicht „es geht nicht" — o ja, es geht und die Mühe wird durch den Erfolg belohnt. Von diesem Pulver streue man soviel auf das eingefettete Seidenzeug, daß dasselbe nach dem Einreiben mit einer glatten Messerklinge eine gleichmäßig graue, metallisch glänzende Farbe bekommt.

Das erste Einreiben fordert etwas mehr Amalgam; bei jedem, nach der Abnutzung nöthig gewordenen neuen, wird das alte verhärtete mit einem Messer abgekratzt, wieder Talg dünn darauf gestrichen und alsdann ist für ein Reibezeug von 15 bis 18 Zoll Länge eine gute Messerspitze voll ganz genügend, denn nicht die Menge, sondern die Güte des Amalgams bedingt die Wirkung. Viele Mechaniker bereiten aus dem Amalgam, Talg und Schweineschmalz, eine Salbe und streichen diese messerrückendick auf das Reibezeug. Diese Verschwendung hat keine weitere Wirkung, als eine Verringerung der Wirkung; ist die Lage recht dick, so erlangt man nicht soviel Elektricität, um ein Elektroscop in Thätigkeit zu bringen.

Das so vorbereitete Reibezeug, von welchem nun ein langer Lappen Taft herunterhängt, wird durch die elastischen Bänder oder Stahlfedern an den Cylinder gedrückt und der Druck wird nach Erforderniß stärker oder schwächer gemacht, dadurch, daß man die Enden der elastischen Bänder durch seidene Schnüre anzieht oder die Federn stärker spannt.

Noch eine Vorsichtsmaßregel ist hierbei unerläßlich, wenn das Reibezeug in elastischen Bändern ruht. Wollte man jetzt den Cylinder drehen, so würde derselbe das Reibezeug mit sich nehmen und in Unordnung bringen; dies muß verhindert werden.

Hinter dem Reibezeuge befestigt man ein paar seidene Schnüre, welche auf dem Gestelle der Maschine in der Richtung der Drehung des Cylinders angespannt werden, sie hindern das Reibezeug dem Zuge zu folgen.

Bei dem Drehen des Cylinders erhebe man mit der einen Hand die frei herabhängende seidene Schürze, so wird dieselbe sich sofort fest an den Cylinder anlegen und das Zerstreuen der erregten Elektricität hindern. Wie fest das Reibezeug an den Cylinder gedrückt werden müsse, um die mehrste

Elektricität zu entwickeln, muß die Erfahrung lehren, so auch ob es nicht nützlich sei, das herabhängende Ende Seidenzeug zu verdoppeln oder statt dessen ein Stück Firnißtaft daran zu legen.

Ein Haupttheil der Maschine ist der Conductor (siehe Fig. 14). Dieser besteht aus zwei Cylindern von Zink, Weißblech oder Messing, einem großen *h* von beliebiger Länge und Weite, und einem kleinen von der Länge des Reibezeuges und von 1½ bis 2 Zoll Durchmesser, der auch häufig durch einen starken Drath mit Kugeln an den Enden ersetzt wird. Dieser zweite kleinere liegt quer vor dem einen Ende des größeren, ist beweglich und kann also etwa um 1 Zoll von dem Ende des Cylinders fort- oder näher an ihn herangerückt werden. Beide Cylinder sind also durch zwei in einander steckende Röhren verbunden. Die Enden des Cylinders sind durch Halbkugeln geschlossen. Man pflegt den Conductor mit einem leichten Weingeistfirniß zu überziehen; ist derselbe von Zink oder Weißblech, so ist dies sogar nöthig, indem dadurch die Oxydation verhindert wird. Der Conductor steht auf einem Glasfuß *h k*, wenn er groß ist auf zwei Glasfüßen, und ist von der Maschine selbst ganz getrennt. Er wird so gestellt, daß seine Axe senkrecht auf die des Glascylinders gerichtet ist, indessen die Axe des kleinen Metallcylinders mit der des Glascylinders parallel läuft und beide so nahe an einander stehen als möglich, weshalb derselbe aber an dem großen um einiges zu verschieben sein muß.

Wenn man alles so eingerichtet hat, so wird man schon eine nicht unbedeutende Wirkung wahrnehmen; allein die dem Reibezeuge genäherte Hand erhält aus demselben Funken, weil bei der Reibung die in allen Theilen der Maschine im Gleichgewicht stehende $\pm$ E in positive und negative Elektricität zersetzt werden, wobei die positive an den Conductor tritt und die negative im Reibezeuge bleibt. Die Wirkung würde nun bald aufhören, wenn man nicht neue, zur Zersetzung geeignete (positive und negative) Elektricität zuführte. Dies geschieht, wenn man das Reibezeug durch einen Draht oder eine Metallkette mit dem Erdboden in Verbindung setzt. Jetzt ist eine hinreichende Menge $\pm$ E zum Zersetzen vorhanden und man wird von der einen derselben, der $+$ E im Conductor eine solche Fülle finden, daß man bei einem Durchmesser des Cylinders von 14 bis 16 Zoll Funken erhält, welche blitzähnlich gezackt, eine Länge von 8 auch 10 Zoll haben und bei einer Umdrehung 3 bis 6mal sich wiederholen.

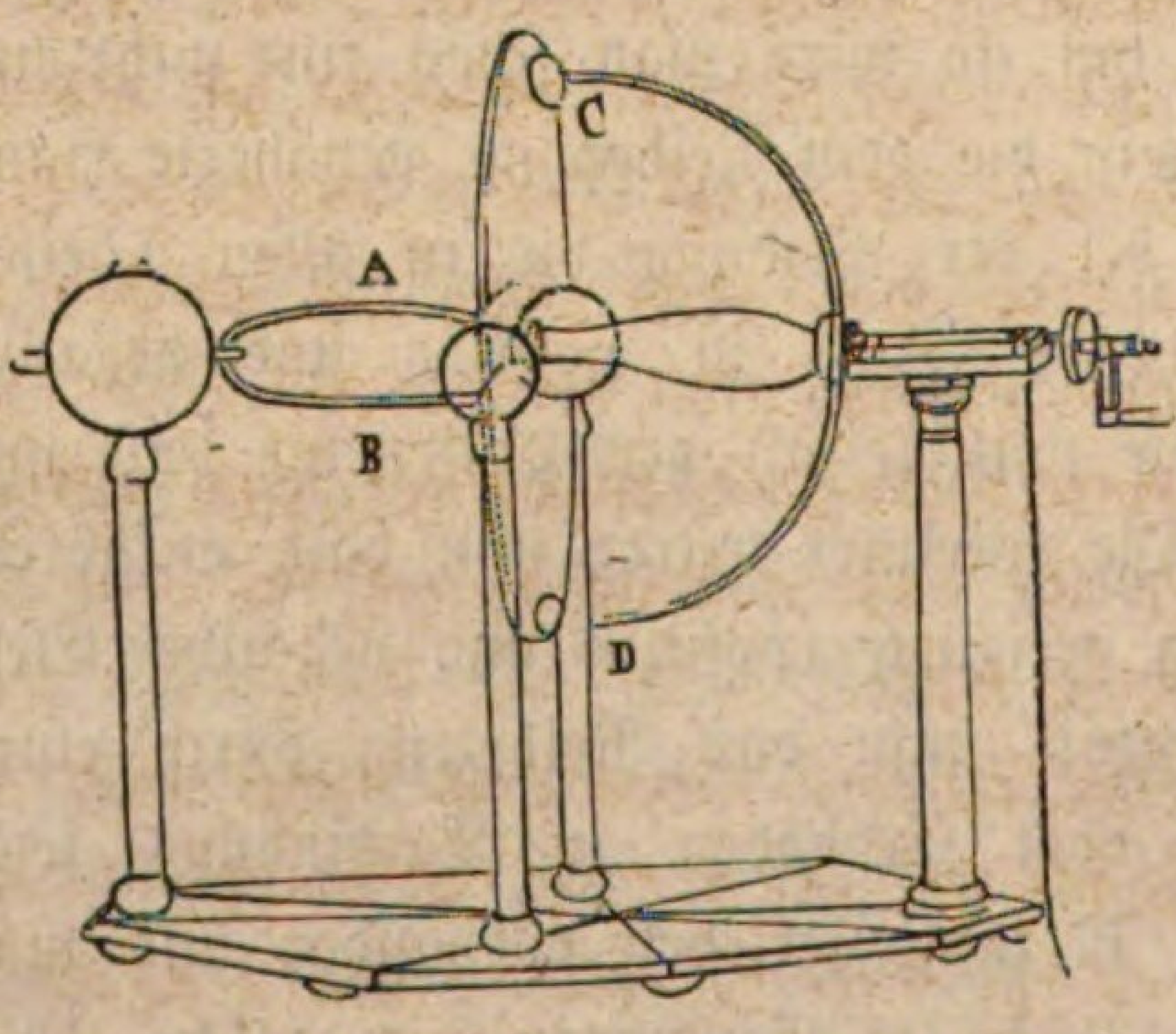
Eine so construirte Elektrisirmaschine kann sich jeder Freund der Physik höchstens für den Preis von 20 Thlrn. anfertigen, während der Mechanikus sich 80, auch 100 und mehr Thaler dafür zahlen läßt, ein Preis, der bei Scheibenmaschinen von der gedachten Wirkung bis auf 400 Thlr. steigt.

Will man negative Elektricität haben, so setzt man den Conductor hinter die Maschine, hebt die Verbindung des Reibezeuges mit der Erde auf und hängt die Kette desselben über den kleinen Cylinder des Conductors, welcher der Collector heißt. Bei der Drehung muß man jedoch dorthin, wo die Elektricität des Glascylinders das fesselnde Seidenzeug verläßt, einen Draht nahe über den Cylinder halten, in welchem nunmehr die Elektricität unfühlbar für den Experimentator einströmt. Besser und bequemer ist allerdings die Einrichtung mit zwei Conductoren, deren einer für das Reibezeug und einer für den Glascylinder dient, da man alsdann mit beiden Elektricitäten gleichzeitig arbeiten kann.

Scheibenmaschinen.

Sowie man die Kugel oder den Cylinder zur Elektrisirmaschine verwendet, so kann man auch eine Glasglocke oder Glasscheibe dazu verwenden. Hierbei umfaßt das Reibezeug zwei Seiten des geriebenen Körpers, derselbe wird dazwischen geklemmt. Bei einer Glocke muß die eine Fläche des Reibezeuges hohl, die andere erhaben sein, die erstere kommt an die äußere Seite zu liegen, die zweite an die innere. Bei einer Scheibenmaschine sind beide Reibezeuge ganz flach.

Fig. 15.



Die nebenstehende Zeichnung giebt einen Begriff von der Zusammenstellung einer Scheibenmaschine nach der besten, durch van Marum erdachten Einrichtung.

Die rundgeschnittene Scheibe ist von starkem Glase, gewöhnlich nimmt man Spiegelglas; könnte man dickes geblasenes Glas bekommen, das nicht geschliffen, doch jedenfalls gerade wäre, so würde dieses besser sein als Spiegelglas. Das schlechteste ist das am schönsten aussehende belgische; dieses soll Natronglas sein, es hat fast gar keine Wirkung.

Die Scheibe muß auf dem äußeren Rande polirt sein, weil sie sonst die Seide durchschneidet, welche man von dem Reibezeuge ausgehen läßt. In der Mitte der Scheibe ist ein Loch gebohrt von 1 Zoll Durchmesser, vermöge dessen die Scheibe auf der Axe befestigt werden kann. Diese letztere macht man zwar häufig von Glas, es genügt jedoch wenn sie von Buchs-

baum gedrechselt ist. Zwei Platten, zwischen denen die Scheibe eingeklemmt wird, müssen je nach dem Durchmesser der Scheibe größer oder kleiner sein. Bei einem Durchmesser von 48 Zoll (wohl ziemlich die größte Ausdehnung, welche man gegenwärtig wählt) genügen 8 Zoll für die hölzernen Scheiben, mit seltenen Ausnahmen.

Hierbei ist jedoch ein Kunstgriff nicht zu übersehen, welchen kein Mechanikus anwendet, welcher in keinem Lehrbuche steht, und der doch von großer Wichtigkeit für den Bau einer Scheibenmaschine ist. Die glatte Spiegelfläche nämlich muß sehr fest zwischen die beiden Scheiben gepreßt werden, wenn sie sich nicht auf ihrer Axe drehen soll. Dies darf aber durchaus nicht gestattet werden, und deshalb drücken die Mechaniker die Scheibe zwischen den Holzplatten dergestalt zusammen, daß sie nicht selten springt. Dies zu vermeiden, verfahre man wie folgt: Man erwärme die Scheibe vorsichtig an einem geheizten Stubenofen, bis Wachs darauf fließt; alsdann lasse man von einem Stücke Wachs durch die Hitze der Scheibe so viel abschmelzen, daß die in der Mitte befindliche Oeffnung auf 2 bis 3 Zoll rund herum, und zwar auf beiden Seiten, mit Wachs überzogen ist. Die Scheibe wird nunmehr horizontal gelegt, ein Stück Parchend von der Größe der Holzplatten auf die geschmolzene Wachsfläche gedrückt und bis zum Erkalten in Ruhe gelassen.

Eine der Holzplatten wird auf gleiche Weise behandelt. Die Glasscheibe kommt nunmehr beim Zusammenschrauben zwischen vier Scheiben von Parchend, es genügt dabei ein mäßiger Druck, denn da die Flächen alle rauh sind, so kann sich die Scheibe nicht drehen, auch wenn die Pressung nicht so gewaltig ist. Die äußere Holzplatte aber, in welcher die Mutterschraube befindlich, muß inwendig ziemlich glatt sein, damit sie sich auf dem Parchend drehen kann; würde derselbe so wie an der Scheibe befestigt sein, so würde das Anziehen der Scheibe bald unmöglich werden, ohne daß doch die Glastafel die nöthige Festigkeit hätte.

In dem Fußgestelle ist ein starker Ständer eingelassen, dieser steht auf der Zeichnung rechts, er ist bestimmt die Axe der Scheibe zu tragen, welche, damit man nicht nöthig hat auch vor der Scheibe einen Ständer anzubringen, mit einem Gegengewicht von Blei versehen ist, wodurch das Gewicht der Scheibe, die doch zum mindesten 1 Fuß von dem Ständer entfernt hängt, ausgeglichen ist.

An der Axe hinter dem Ständer und dem Gegengewicht befindet sich die Curbel zum Drehen der Scheibe.

Die Reibung wird durch zwei paar schmaler, flacher Reibezeuge bewerkstelligt, die von Holz, auf der inneren Seite mit Hirschleder überklebt

und dann so vorgerichtet sind, wie bei dem Reibezug für die Cylindermaschine beschrieben.

An der äußeren Seite der Reibezeuge ist ein Charnier befindlich, mittelst dessen sie an Federn gehängt werden können, die an den Metallkugeln befestigt sind, welche auf den Glassäulen zu beiden Seiten der Scheibe stehen. Durch die Federn quer hindurch gehen Schrauben mit Kugeln an den Enden, wodurch die Reibezeuge an die Scheibe gedrückt werden können. Es ist nicht gut, wenn dieser Druck zu stark ist. Bei einer gut eingerichteten Maschine muß starke Wirkung mit leichter Bewegung verbunden sein.

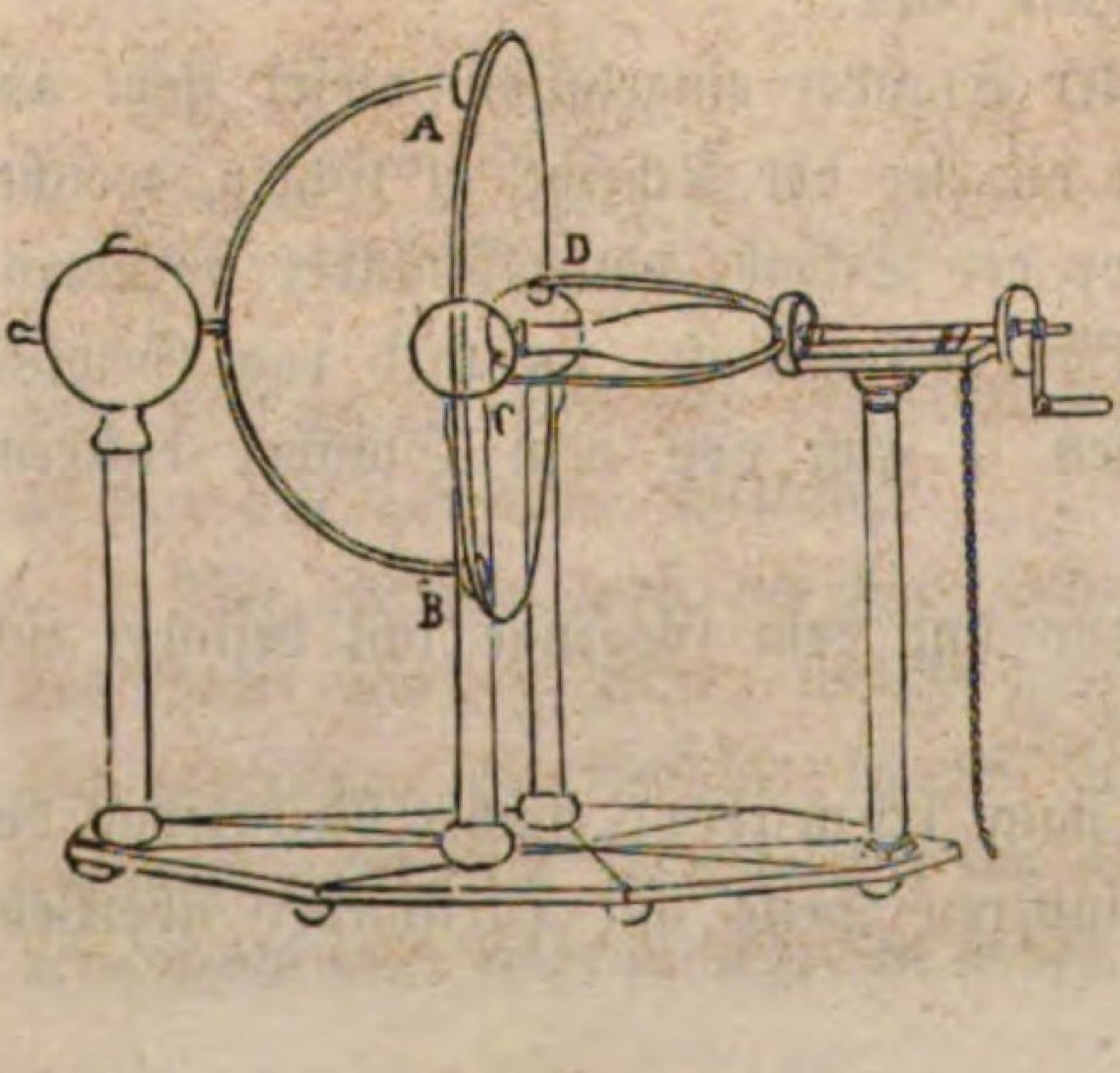
Um die bei der Drehung entwickelte Elektricität aufzusammeln, muß der Conductor eine etwas andere Einrichtung haben, als der bei der Cylindermaschine beschriebene. Der Körper desselben, gleichgültig ob es eine Kugel ist wie hier angenommen, oder ein Cylinder wie bei der Beschreibung der Cylindermaschine, steht auf einer Glassäule, die in dem Fußgestelle eingelassen ist.

A B ist eine krummgebogene Messingröhre, welche an ihren Enden zwei Collectoren trägt. Sie ist durch einen Knopf mit einer Schraube in dem Conductor, der an dieser Stelle natürlich aus stärkerem Metalle bestehen muß als das übrige ihn bildende Blech, befestigt.

Die Arme haben einen doppelten Zweck. Stehen sie senkrecht, wie die nachstehende Zeichnung Fig. 16 angiebt, und werden sie mit dem Gestelle so gegen die Elektrisirmaschine geschoben, daß die Collectoren beinahe die Glasscheibe berühren, so empfangen sie die beim Drehen entwickelte Elektricität und diese kann man aus dem Conductor weiter verwenden.

Stellt man die Arme aber horizontal, wie in der vorigen Zeichnung Fig. 15, so berühren sie die beiden Reibezeuge, und nunmehr dienen sie, um die negative Elektricität der Reibezeuge zu sammeln.

Fig. 16.



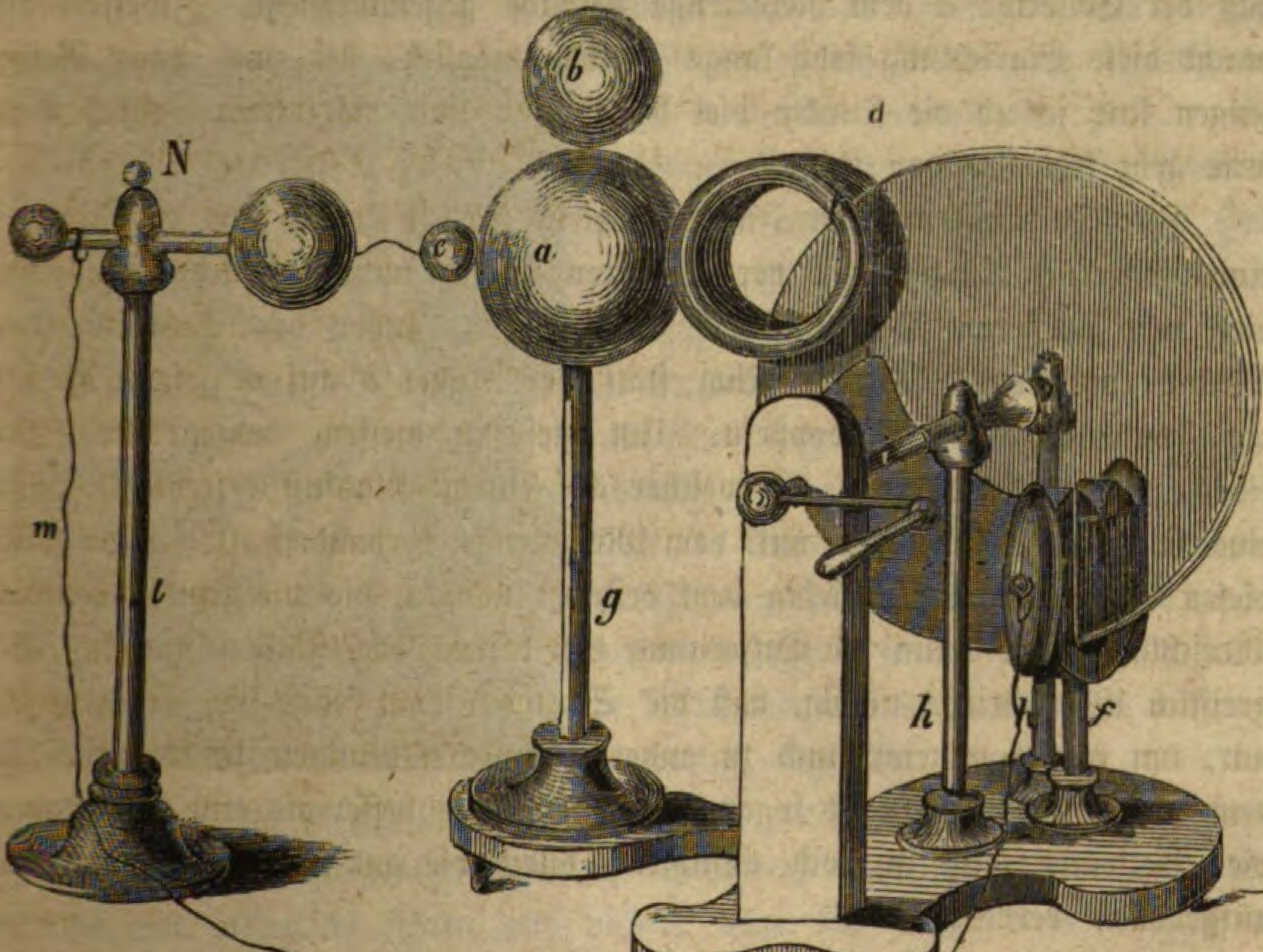
Will man also positive Elektricität haben, so müssen die Arme des Conductors senkrecht stehen und, wie Fig. 16 angiebt, die gegenüber an der Axe befindlichen Arme müssen horizontal liegen und mit ihren beiden Collectoren beide Reibezeuge berühren. Will man dagegen negative Elektricität haben, so muß man die Arme des Conductors horizontal legen wie Fig. 15 zeigt, und die

Arme der Axe senkrecht stellen, damit durch diese die positive Elektricität abgeleitet werden könne.

Eine so construirte Elektrisirmaschine läßt, wenn die Scheibe von gutem harten Glase ist, nichts zu wünschen übrig und gewährt durch die Möglichkeit des Wechsels mit beiden Elektricitäten große Vortheile.

Eine etwas veränderte Construction der Elektrisirmaschine hat C. Winter in Wien angegeben. Seine Maschinen, welche er in sehr verschiedenen Dimensionen anfertigt, haben alle nur ein paar Reibezeuge, welche an dem untersten Theile der auf horizontaler Axe ruhenden Scheibe angebracht sind. Die Scheibe auf gläserner Axe befestigt, läuft auf zwei gläsernen Säulen (*h* und *h* der eingeschalteten, aus Müller's „Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik" entlehnten Figur) und einem dritten etwas entfernt stehenden hölzernen Ständer, welcher an der Verlängerung der Axe die

Fig. 17.



Curbel trägt. Das Reibezeug steht auf einer kürzeren gläsernen Säule *f*. Originell ist vorzugsweise der Collector, der aus einem fußweiten und etwa 2 Zoll dicken hölzernen Ringe *d* besteht, welcher der Länge nach aufgeschnitten, mit seinen ebenen Schnittflächen gegen die Scheibe gekehrt ist. Soweit dieses wirklich der Fall, sind die Hälften des Ringes ausgehöhlt

mit Messingblech gefüttert, und auf diesem steht eine Art Hechel, d. h. eine Menge feiner Metallspitzen, welche alle wegen der Krümmung des eingefütterten Bleches von verschiedener Länge, oben, wo sie gegen die Scheibe gerichtet, aber alle so gleichmäßig beschnitten sind, daß sie fast gar nicht vor den Kanten des ausgehohlten Halbringes vorstehen. Diese Spitzen sammeln allerdings die auf der Scheibe erregte Elektricität besser auf, als ein kleiner an die Scheibe sich lehnender Cylinder, allein sie entlassen die in dem Conductor aufgehäufte Elektricität auch früher; sind sie demnach wirklich von Nutzen so lange die Scheibe gedreht wird, so tritt doch, sobald das Drehen aufhört, der gedachte Nachtheil ein. Dennoch sollen die Maschinen des C. Winter von außerordentlicher Wirksamkeit sein.

Der Conductor *a* besteht, wie gewöhnlich bei Scheibenmaschinen, aus einer großen Metallkugel, auf welche zur Vergrößerung der Oberfläche noch eine zweite *b* aufgeschraubt ist. Die Glasstange *g* hat eine solche Höhe, daß der Collector *d* dem Reibezeuge beinahe gegenübersteht. Zweifelsohne macht diese Einrichtung sehr lange Funken möglich, bei zwei paar Reibezeugen sind jedoch die Funken viel häufiger und die Ladung einer Batterie geht schneller von statten.

Zur Verlängerung der Funken bedient sich Winter statt der Kugel *b* eines hölzernen Ringes, wie der Collector *d*, nur nicht aufgeschnitten, überdies von größeren Dimensionen. Wird dieser, außer der Schraube kein Metall enthaltende hölzerne Ring statt der Kugel *b* auf *a* gesetzt, so soll die Funkenlänge sich verdoppeln. Um diese zu messen, bedient man sich eines zweiten Conductors *N*, welcher auf einem Glasfuß *l* stehend, durch eine leitende Schnur *mm* mit dem Reibezeuge verbunden ist. Man kann diesen Conductor nun beliebig dem ersteren nähern, bis die Funken reichlich überschlagen und dann die Entfernung der beiden Kugelflächen messen. Begreiflich ist es nicht nöthig, daß die Stange *l* von Glas sei, es geschieht nur, um den Conductor auch zu anderen Zwecken benutzen zu können. Zu dem des Funkenmessens ist sogar eine Eisenstange besser als eine Glasstange, die Isolirung muß ja doch absichtlich durch die gut leitende Schnur *mm* aufgehoben werden.

Die Winter'schen Maschinen sollen eine ganz ungewöhnliche Funkenlänge haben; fraglich ist allerdings dabei, ob sie nicht etwa allein eine hohe elektrische Spannung, keineswegs aber eine bedeutende Stromstärke haben, so daß sie also, wie gesagt, Funken von großer Länge geben, nicht aber eine Batterie in geringer Zeit laden, und dieses ist für eine gute Elektrisirmaschine ein wesentliches Erforderniß.

Die Funken von mittelmäßigen und schwachen Maschinen sind kurz

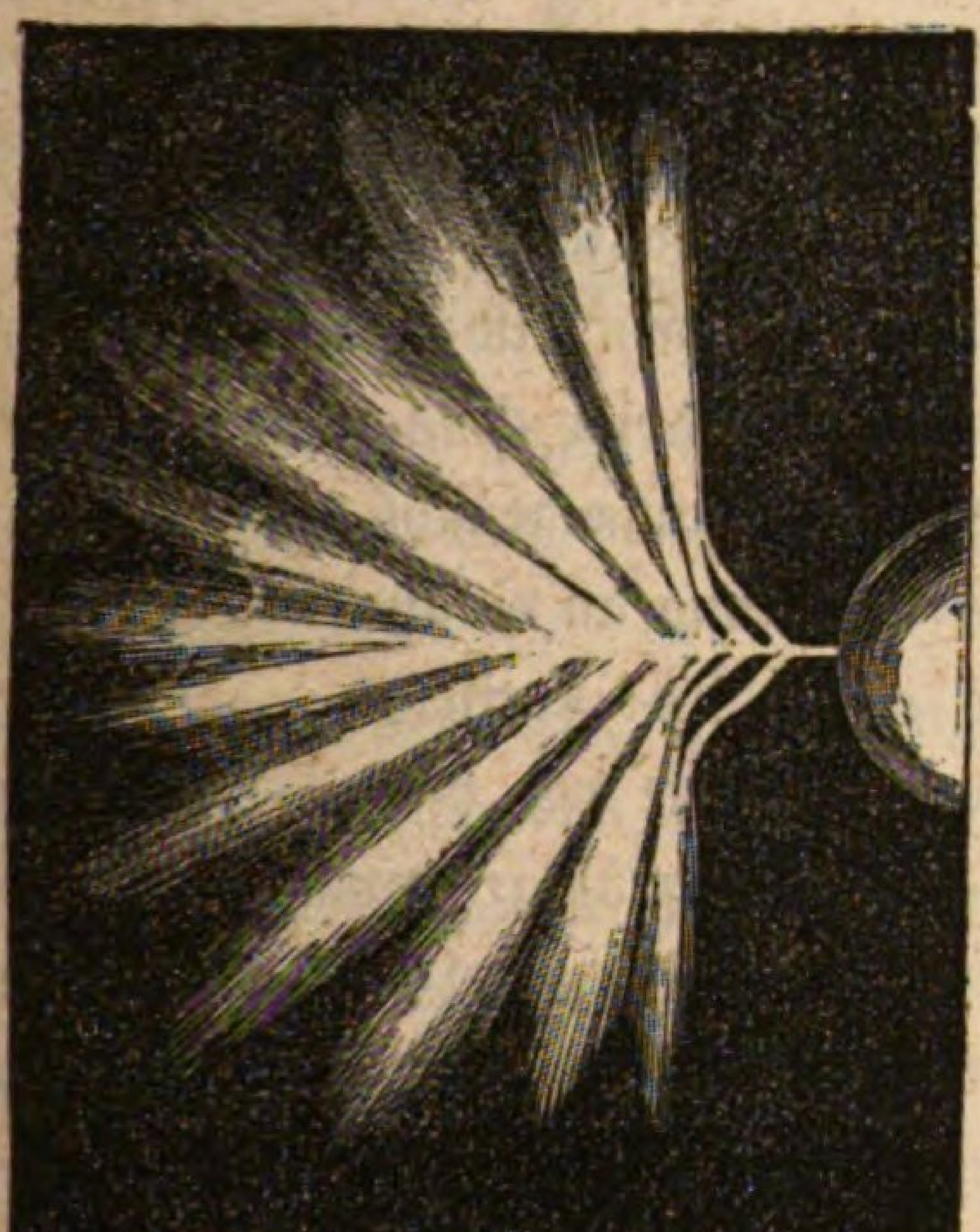
(½ bis 1 Zoll) und erscheinen gewissermaßen cylindrisch, wenigstens gerade und ohne Abweichung nach den Seiten; Funken von starken Maschinen haben

Fig. 18.



einen vollständig blitzähnlichen Verlauf, sie sind gezackt und theilen sich so, daß es scheint, als entsende der Blitz auf seinem gewundenen Wege mehrere kleinere Blitze nach verschiedenen Richtungen, wie die eingeschaltete Fig. 18 zeigt, wo der Funke zwischen dem Conductor links und dem Funkenmesser rechts überspringt. Von einer guten Maschine verlangt man, daß sie fünf, sechs und mehr solcher Funken von 6 Zoll Länge bei einer Umdrehung liefere. Der Conductor einer solchen Maschine entladet sich sogar freiwillig und ohne Blitz in einen continuirlich sichtbaren Strom, der eine schöne breite Flamme bildet. Die Elektrisirmaschine des Verfassers giebt einen Strahlenbündel, dem hier beigefügten aus Hoggs Physik entlehnten Bilde ganz ähnlich und zum mindesten doppelt so groß. Bei günstiger Witterung findet dieses Ausströmen statt auch ohne ein künstliches Hervorrufen, zu jeder Zeit aber kann man es bewerkstelligen, wenn an das Ende des Conductors ein 6—8 Zoll langer Draht mit einer Kugel an seinem Ende angeschraubt wird; hat die Kugel etwa 1½ Zoll im Durchmesser, so sieht man sofort das Flammenbündel entstehen und es dauert ununterbrochen, so lange die Maschine in Thätigkeit und die Elektricität nicht anderweitig abgeleitet ist. Hält man diesem Büschel die Fingerspitzen entgegen, so verlängern sich die mittleren Strahlen, die Seitenstrahlen werden schwächer, das ganze Flammenbündel nimmt eine elliptische Form an; nähert man sich dagegen der Kugel mit der äußeren Fläche der geschlossenen Hand, so erhält man aus diesem verlängerten Conductor Funken von beträchtlicher Ausdehnung und Stärke.

Fig. 19.



Guttapercha-Elektrisirmaschine.

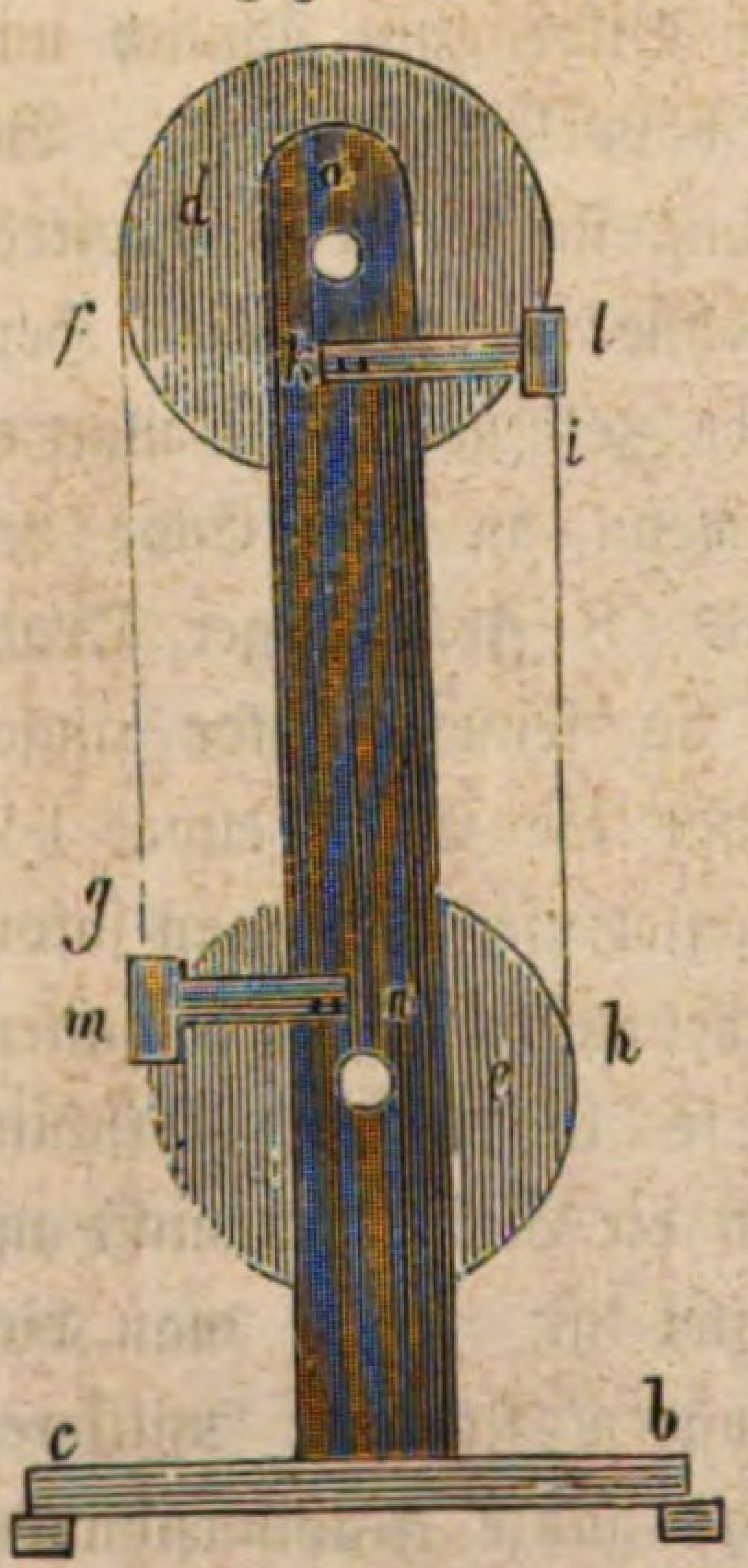
Die Auffindung eines, bis vor wenigen Jahren unbekannten Stoffes, der Guttapercha, hat Veranlassung zur Construction einer neuen Elektrisir-

maschine gegeben. Der harzartige Stoff ist bei trockener Reibung sehr stark negativ elektrisch.

Legt man ein halbes Dutzend Kügelchen aus Sonnenblumenmark, so groß man sie daraus zu schneiden vermag, also ½ bis ¾ Zoll im Durchmesser, auf einen Tisch, reibt man ferner ein Stück Guttapercha-Papier zwischen der Tuchbekleidung des Körpers und einer trockenen, einige Male darüber hingleitenden Hand, so fliegen, wenn man das so geriebene Blatt dieses Stoffes in die Nähe der Kügelchen bringt, dieselben mit großer Lebhaftigkeit daran in die Höhe und bleiben lange Zeit daran haften. Ein so behandeltes Blatt klebt eine halbe Stunde lang am Spiegel, und es giebt frei schwebend, an die Hand deutlich hörbare, knisternde Funken ab.

Diese starke und leichte Erregbarkeit hat auf den Gedanken gebracht, eine alte, beinahe vergessene Idee zur Herstellung einer Elektrisirmaschine wieder zu erwecken; Walkier von St. Amand gab dieselbe an, sie besteht aus einer Garnwinde *dbc* (Fig. 20) mit ziemlich großen Trommeln *d* und *e*, über welche man statt des Garnes nach St. Amand's Angabe gefirnißtes Seidenzeug, nach der neueren Anwendung aber einen etwa 8 Fuß langen Streifen Guttapercha-Papier *fghi* spannt. Das Seidenzeug wird zusammengenäht, die Guttapercha durch Erwärmung an einander geklebt, so daß ein Band ohne Ende entsteht.

Fig. 20.

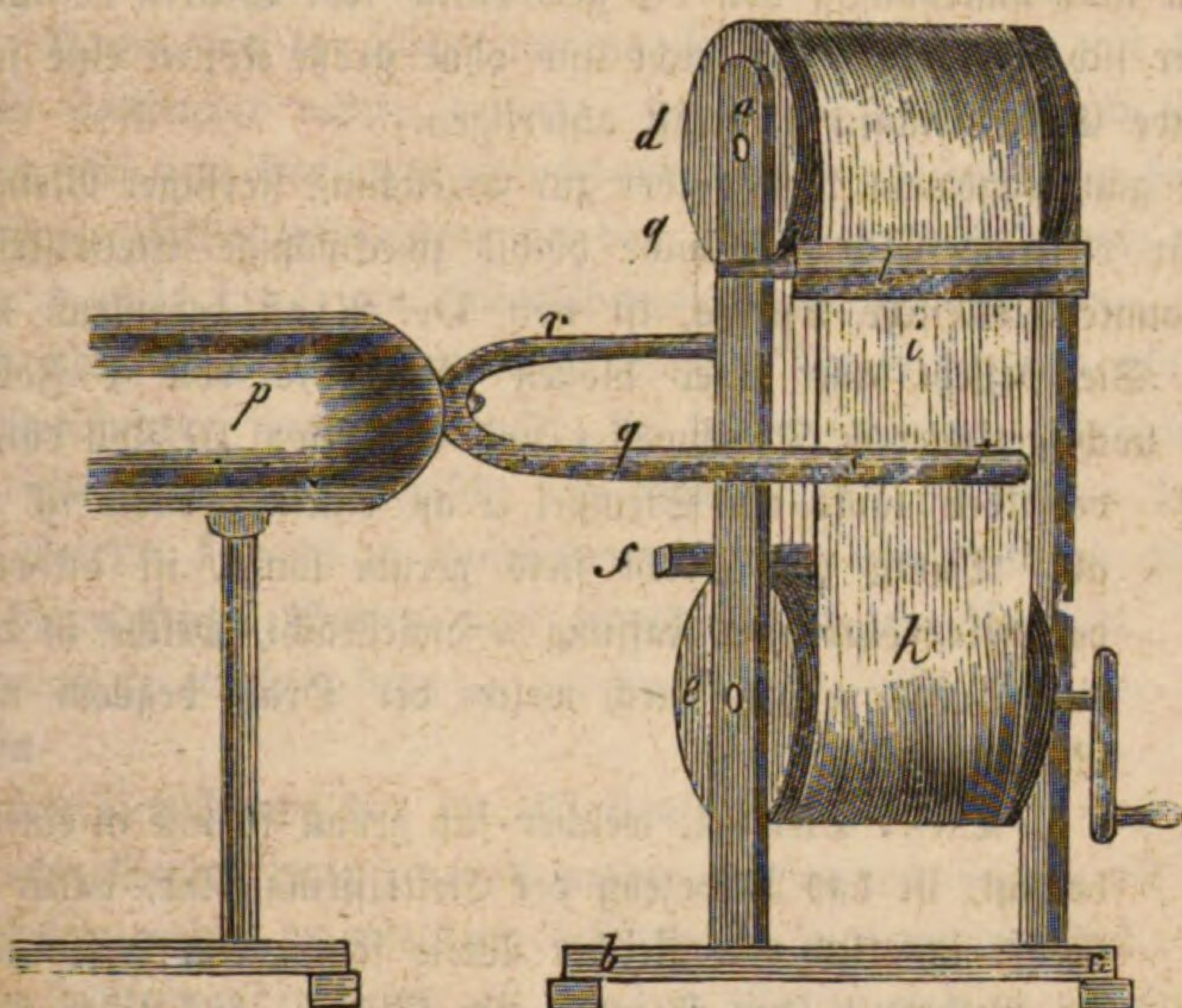


Wenn man die eine der beiden Trommeln dreht, und das Zeug mäßig gespannt ist, so nimmt es die andere Trommel mit. An dem Gestelle werden für die eine Seite oben, für die andere unten ein paar Arme *kl* und *mn* angebracht, welche gerade so lang sind, daß sie mit der Fläche des Zeuges in einer geraden Linie stehen, auf diese kommen die Reibezeuge *l* und *m*. Jedes Paar derselben besteht aus einem 2 Zoll breiten Lineal, das auf der Seite, auf welcher es dem zu reibenden Zeuge zugekehrt ist, mit Katzenfell überzogen wird. Die Drehung der einen Trommel muß so eingerichtet werden, daß das sich über sie hin bewegende Zeug durch die beiden Platten des oben angebrachten Reibezeuges abwärts, um die untere Walze herum, an der anderen Seite durch die beiden Lineale der unten angebrachten Reibezeuge aufwärts gezogen wird.

Der Conductor *p* (Fig. 21) wird abgesondert von der Maschine auf-

gestellt und muß zwei Arme *qr* haben, welche noch viel stärker gekrümmt und als die des Conductors einer Scheibenmaschine, damit sie weit genug von dem einen der beiden Ständer *ab*, welchen sie umschließen, abstehen.

Fig. 21.



Die Collectoren legen sich nahe an die Flächen des geriebenen Zeuges und empfangen von diesem die Elektricität, welche dadurch, daß man von den Reibezeugen bis zu den Collectoren hin ein frei bewegliches Stück Seidenzeug gehen läßt, zusammengehalten wird. Das von oben herabhängende schließt sich von selbst an, das von unten heraufgehende muß durch ein paar Seidenfäden gehalten werden.

St. Amand bekam von seiner Maschine 15 bis 18 Zoll lange mächtig wirkende Funken und er lud eine Batterie von 50 Quadratfuß Belegung (hiervon das Ausführlichere später) mit dreißig Umdrehungen bis zum Ueberschlagen. Allerdings war seine Maschine mit Seidenzeug von 5 Fuß Breite bespannt. Die Guttapercha-Elektrisirmaschinen sollen eben so wirksam und weniger kostspielig sein; auf der Londoner Industrie-Ausstellung sah man eine solche.

Der Verfasser sah vor einer Reihe von Jahren (1822) in Berlin eine Scheibenmaschine von Taffet. Ueber einen, 2 Fuß im Durchmesser haltenden Ring von ganz dünnem spanischem Rohr, war gefirnißtes Seidenzeug zu einer Scheibe gespannt. Die ganze Einrichtung war einer gewöhnlichen Scheibenmaschine von Glas vollkommen gleich, nur die Reibezeuge bestanden nicht aus amalgamirten Leder- oder Seidenstücken, sondern aus

Katzenfell. Sie gab bei einer jeden Umdrehung sechs bis acht Funken von 2 Zoll Länge und hätte bei einem größeren Conductor zweifelsohne 6 Zoll lange Funken (natürlich nicht in solcher Menge) gegeben.

Man kann unabhängig von den gewöhnlich sehr theuren Leistungen der Mechaniker sich auf solche Art leicht und ohne große Kosten eine sehr kräftig wirkende Elektrisirmaschine selbst anfertigen.

Eine ganz ungemein kleine, aber zur Erzeugung geringer Mengen Elektricität für elektrometrische Versuche höchst zweckmäßige Elektrisirmaschine, die sogenannte elektrische Spritze, ist von Dr. Rieß bedeutend verbessert worden. Sie besteht aus einer bloßen Glasröhre von 1 Zoll Weite, auch von noch geringerem Durchmesser und von etwa 10 Zoll Länge. In derselben läuft ein Stempel *a* an einem Drahte *af* auf und ab. Damit der Draht stets gerade läuft, ist an dem Ende der Glasröhre eine Fassung *n* angebracht, welche in der Mitte eine Oeffnung hat, durch welche der Draht bequem und ohne Reibung geht.

Fig. 22.



Dieser Stempel, welcher sich genau so wie in einer Spritze bewegt, ist das Reibezeug der Elektrisirmaschine, daher muß die Röhre innerlich von gleicher Weite sein. Am besten wird dieses Reibezeug (der Stempel der Spritze) aus einer Korkscheibe gemacht, die zwischen zwei Metallscheibchen am Ende des Drahtes *af* geklemmt ist, ein Streifen dicken wollenen Zeuges umgiebt den Kork, und dieser Streifen ist wieder von einem seidenen Bande umgeben und so scharf angezogen, daß dadurch eben ein passender Stempel für das Glasrohr entsteht. Die Reibung darf nur ganz leicht sein, es darf kein Klemmen stattfinden, auch darf die Reibung nicht durch Einölen verringert werden, die Röhre muß ganz trocken bleiben. Auf die Seide des Reibezeuges bringt man das Amalgam und wenn dieses gut eingerieben, am Seidenzeuge haftet, ist die Vorrichtung zur Entwickelung von Elektricität fertig.

Nunmehr muß aber die entwickelte Elektricität aufgefangen und zu dem Conductor der kleinen Elektrisirmaschine, d. h. zu der kleinen Kapsel *p* am untern Ende der Glasröhre geführt werden.

Dies zu bewerkstelligen, dient folgende Einrichtung: In das untere Ende des Stempels *a* wird eine Glasstange von höchstens 2 Zoll Länge eingekittet, welche an dem, der Befestigung entgegengesetzten Ende ein Messingplättchen *b* trägt, dessen Peripherie nahezu so groß ist als die innere

der Glasröhre. Beim Hin- und Herziehen des Reibezeuges geht dieses Plättchen (ein Silbergroschen, ein Kupferpfennig thut vortreffliche Dienste), dessen Umfang sägeartig eingefeilt ist, um vermöge dieser Zähne die Elektricität besser aufzusaugen, an den, durch das Reibezeug elektrisirten Stellen vorüber. Damit die so aufgenommene Elektricität nun an die Kapsel *p*, welche als Conductor dient, gelange, hat man dieselbe durch eine feine Drahtfeder mit dem Aufsauger *b* verbunden, wie die Zeichnung lehrt. Die aufgenommene Elektricität würde an das Reibezeug zurückkehren, wenn der Aufsauger *b* nicht durch ein Glasstäbchen davon getrennt wäre, sie würde aber auch nicht an den Conductor *p* kommen können, wenn nicht die metallische Verbindung vorhanden wäre, bei der angegebenen Einrichtung werden aber alle Erfordernisse erfüllt und man hat in dem kleinen Instrument eine stets bereite, bequem zu handhabende Quelle der positiven Elektricität.

In diesen letzten Worten liegt jedoch sogleich ein Vorwurf, den man dem Instrumente machen kann — der positiven, also nicht der negativen Elektricität.

Diesem Uebelstande hat Dr. Rieß abgeholfen und dies muß eine sehr wesentliche Verbesserung genannt werden, so unbedeutend die Veränderung erscheint, welche er mit dem Instrumente vorgenommen hat. Aber gerade darin liegt etwas! Großes mit großen Mitteln erzielen, ist nicht schwer.

e ist ein Metallring, durch welchen bequem ein Finger gesteckt werden kann; er beendet den Draht *ae* und dient dazu, den Stempel auf- und abzuziehen und die nöthige Reibung des Glases zu veranlassen. Dr. Rieß schaltet zwischen *f* und *e* eine kleine Glasstange ein, wie bei dem Reibezeuge zwischen diesem und dem Aufsauger (zwischen *a* und *b*), nun ist das Instrument geeignet, negative so gut als positive Elektricität zu geben. Hält man es mit der einen Hand an der Fassung *n*, während die andere Hand den Stempel bewegt, so giebt die Fassung *p* positive Elektricität; hält man es dagegen bei der Fassung *p*, so giebt die andere *n* negative Elektricität, welches ohne die isolirende Vorrichtung zwischen *e* und *f* nicht möglich war, da der an dem Ringe *e* ziehende Finger die negative Elektricität ableitete.

Vorgang des Elektrisirens durch die Elektrisirmaschine.

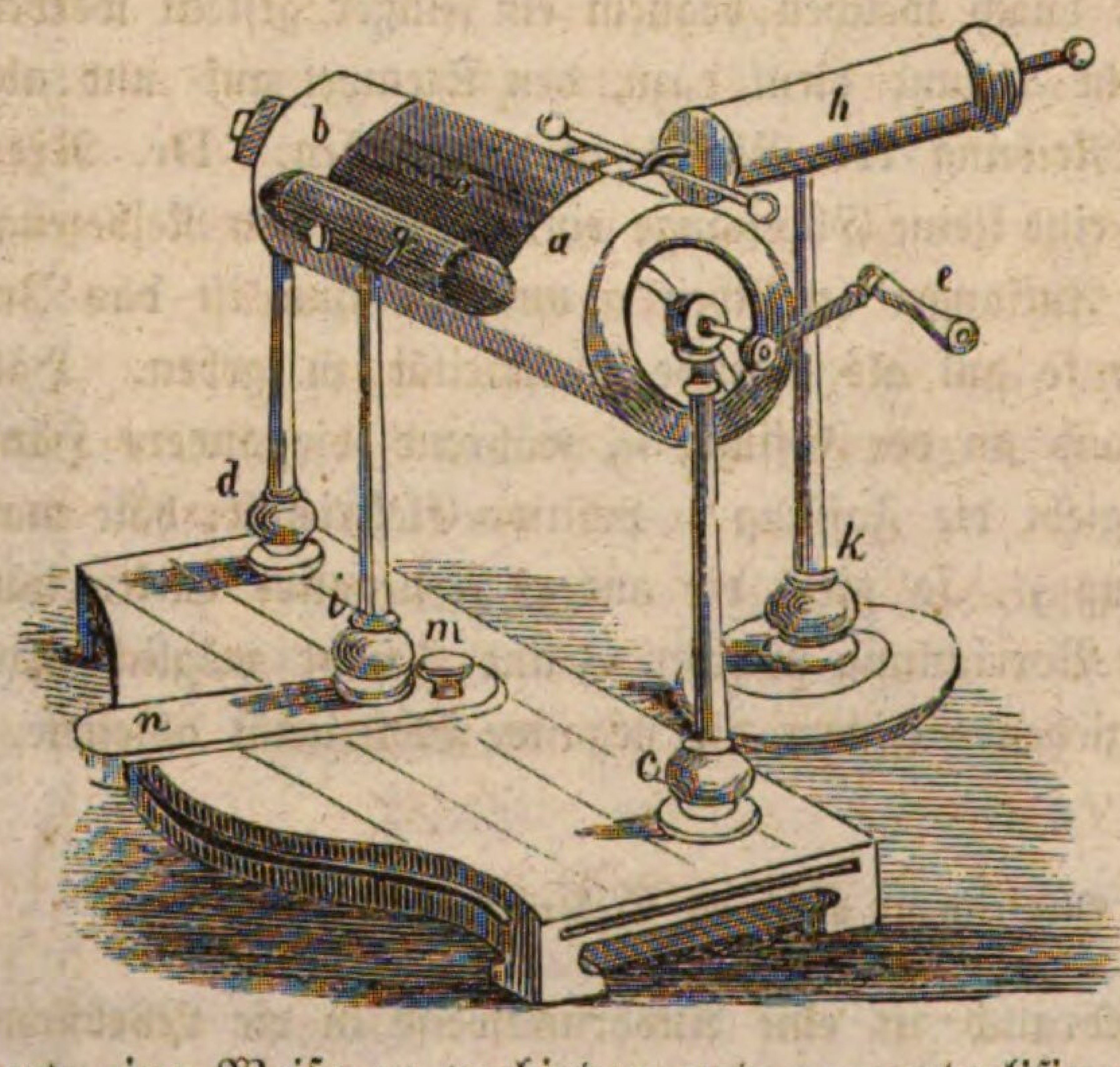
Durch den Sprachgebrauch ist eine Ausdrucksweise in die Lehrbücher eingeführt worden, welche als eine unpassende bezeichnet werden muß — also ein Sprachmißbrauch; allein die ältere Anschauungsweise, aus welcher diese Ausdrücke herrühren, war einer solchen Bezeichnung günstig, sie war sogar vollkommen richtig, wenn man jene Anschauungsweise fest-

hielt, und dies that man natürlich, so lange man keine bessere hatte. — Man entwickelte aus irgend einem Isolator (Kugel, Cylinder, Scheibe von Glas oder einem anderen Stoffe, Harz 2c.) durch Reibung Elektricität, und dem so angeregten Körper brachte man einen anderen, den Conductor nahe, um die erregte Elektricität von dem Glaskörper aufzunehmen) dies ist der falsche Ausdruck, der jedoch, so lange die Elektricitätslehre noch nicht ausgebildet war wie sie es jetzt ist, nichts Ungehöriges an sich hatte).

Jetzt steht die Sache ganz anders; man weiß, daß man nicht Elektricität machen kann, die man dahin oder dorthin überträgt, man weiß, daß beide Elektricitäten, die negative und die positive, in jedem Körper in ungeheuren Mengen schlummern, gegenseitig sich bindend, nicht zum Vorschein kommend, bis eine äußere Veranlassung, Reibung, Erwärmung, Veränderung des Aggregatzustandes sie trennt und jede der beiden Elektricitäten für sich erscheinen läßt, wo sie dann wahrnehmbar werden durch Gefühl, Geschmack 2c.

Diese getrennten Elektricitäten glaubte man nun gesondert, auf andere Körper übertragen und so diese elektrisiren zu können, daher die Ausdrücke Collector, Conductor (Sammler, Leiter) u. s. w. Dies ist aber nicht möglich und der Vorgang ist ein ganz anderer als man geglaubt hat.

Fig. 23.



Wenden wir uns zu der nebenstehenden Figur 23, der Cylindermaschine, und denken wir uns dieselbe in Thätigkeit, d. h. durch Reibung des Reibezeuges am Glaskörper, diesen letzteren positiv elektrisch geworden, so ist die nothwendige Folge, daß die freigewordene positive Elektricität sich mit negativer auf irgend eine Weise zu verbinden und zu neutralisiren sucht.

Dem geriebenen Glaskörper steht zunächst der Quercylinder, oder der mit Spitzen versehene Auffauger des Conductors. Dieser giebt zur Neutralisation des Glaskörpers sofort seine negative Elektricität her, wodurch

der Glaskörper neutral, seine positive Elektricität mit negativer gesättigt, und er unelektrisch wird; nicht so der Conductor, welcher seine negative Elektricität abgegeben hat zu der gedachten Neutralisirung, er hat nur positive zurückbehalten und erscheint mit dieser geladen. Das ist es, was man an ihm wahrnimmt, nicht Elektricität, welche er von dem Glaskörper aufgesammelt, sondern diejenige von den beiden Elektricitäten, welche in ihm vollständig im Gleichgewicht befindlich gewesen, durch die das Gleichgewicht störende Nähe des geriebenen Glaskörpers außer Gleichgewicht gesetzt und nach Hinwegnahme der einen (hier der negativen) übrig geblieben ist, d. h. nicht die Elektricität des Cylinders, sondern die Elektricität des Conductors selbst.

Um den Conductor recht stark positiv elektrisch zu machen, ist es demnach nöthig, den geriebenen Glaskörper so stark als möglich zu elektrisiren (was eben durch die Reibung am Metall geschieht) und dadurch den Conductor zur schleunigen Abgabe seiner negativen Elektricität zu veranlassen, und je vollständiger dies geschieht, desto stärker positiv geladen wird der Conductor erscheinen.

Um die Ladung in der verlangten Stärke zu erhalten, muß aber die Elektricität des geriebenen Körpers stets so bedeutend sein, daß immer von Neuem negative Elektricität des Conductors gefordert, hinweggenommen wird. Dies geschieht nicht, wenn der geriebene Glaskörper stille steht, denn da er ein Isolator ist, wird nur die dem Collector gerade gegenüberliegende Stelle mit negativer Elektricität des Conductors versehen, die übrigen Stellen nicht, und so eine Stelle ist nicht genug, um den ganzen Conductor seiner negativen Elektricität zum größten Theile zu berauben. Deshalb dreht man den Glaskörper, und während er an einer Stelle immerfort gerieben und also immer von Neuem elektrisirt wird, tritt da, wo der Conductor dem Glaskörper nahe ist, nach und nach immer eine andere Stelle des elektrisirten Glases vor den Collector, um mit der von ihm empfangenen negativen Elektricität sich selbst unelektrisch zu machen und den Conductor nach Maßgabe der ihm entführten negativen Elektricität so viel positive Elektricität übrig zu lassen.

Die Quantität der $+$ E in dem Conductor ist ungeheuer groß, man kann daher von demselben Conductor mehr und mehr Elektricität erhalten, wenn man ihm einen besser und noch besser elektrisirten Glaskörper vorhält. Je stärker die entwickelte positive Elektricität des Glaskörpers ist, desto mehr negative Elektricität giebt der Conductor gezwungen zur Ausgleichung her, desto mehr positive bleibt ihm übrig. Da die Elektricitäten, welche ein Körper enthält, über alle Begriffe ergiebig, in Mengen vor-

handen sind, so hat man bis jetzt die Grenze noch nicht erreicht, jenseits welcher ein Conductor nicht noch größere Quantitäten von Elektricität zu liefern im Stande wäre, jede Vergrößerung der geriebenen Glasfläche, jede Verbesserung in den Reibezeugen und den dazu gehörigen Glaskörpern, d. h. jede wirklich hervorgebrachte bessere Trennung der dem Glaskörper gehörigen Elektricitäten, hat eine Vermehrung der freien Elektricität auf dem Conductor zur Folge gehabt.

Man ist allerdings auch einen andern Weg gegangen, um dasselbe zu bewerkstelligen, d. h. größere Mengen freier Elektricität auf dem Conductor anzuhäufen, man hat nämlich diesen groß und immer größer gemacht. Wilson, ein Engländer, hat in dem Pantheon zu London, welches zu diesem Behufe ihm auf einige Zeit eingeräumt war, eine große Elektrisirmaschine aufgestellt und einen Conductor aus den messingenen Gehäusen von ein paar hundert Trommeln gebildet, die an einander stießen, in seidenen Schnüren hingen und zusammengenommen einen Cylinder von 155 Fuß Länge und 16 Zoll Durchmesser, also von etwa 700 Quadratfuß Oberfläche bildete.

Der berühmte italienische Physiker Volta bediente sich eines zwar sehr langen (96 Fuß) Conductors, doch war er nur überaus dünn, er bestand nämlich aus 12 Holzstäbchen von 8 Fuß Länge und ½ Zoll Dicke, welche versilbert waren, seine Oberfläche betrug demnach nur etwa 12 Quadratfuß, war aber von bedeutender Wirkung, weil die Länge sehr groß war, was nach darüber angestellten Versuchen von Wichtigkeit ist. Die Wirkung des Conductors richtet sich durchaus nicht allein nach seiner Oberfläche, sondern nach der Länge, über welche diese Oberfläche sich erstreckt. So hat Wilson die Wirkung seines Conductors noch bedeutend vermehrt, indem er einen Draht von 4800 Fuß mit ihm verband und aus den Enden dieses Drahtes erst die Funken zog, welche so stark waren, daß sie kleine Thiere tödteten.

Da es jedoch unbequem und kostbar, auch viel Raum erfordernd ist, große Conductoren zu brauchen, so hat man diese beinahe ganz verlassen. Ueberdies kann ein Conductor für eine gegebene Elektrisirmaschine leicht zu groß werden; wenn nämlich von seiner negativen Elektricität nicht mehr verbraucht wird, als er vermöge der großen Oberfläche wieder aus der Luft (die niemals ein vollkommener Nichtleiter ist) an sich ziehen kann, so findet eine Vermehrung der Entwickelung positiver Elektricität nicht mehr statt, vielmehr wird er umgekehrt weniger Elektricität ausgeben. Gewöhnlich drückt man dies so aus, daß man sagt, der größere Conductor giebt mehr Elektricität an die Luft ab, als er von der Elektrisirmaschine empfängt. Abgesehen von der unrichtigen Bezeichnungsweise, sagt eines wie

das andere dasselbe: aus einem unangemessen großen Conductor empfängt man weniger Elektricität als aus einem angemessen großen.

Es kommt übrigens auf den Zweck an, den man vor sich hat; will man lange und starke Funken haben, so ist es gut den Conductor so groß zu machen als die Maschine irgend erlaubt; will man Ladungen bezwecken, so muß der Conductor klein sein, zur Ladung einer Batterie ist ein möglichst kleiner Conductor vortheilhaft.

Sowie das Elektrisiren des Conductors durch die Maschine, so ist auch das Elektrisiren eines andern Körpers durch den Conductor zu verstehen und aufzufassen. Der durch Abgabe seiner negativen Elektricität positiv gewordene Conductor verlangt, sich mit negativer eines andern Körpers zu verbinden. Dies geschieht nach und nach und stillschweigend, wenn der Conductor in einer nicht vollkommen isolirenden Atmosphäre (und eine solche giebt es überhaupt nicht) steht, es geschieht unter Geräusch und Funkenentwickelung, wenn ein gut leitender Körper mit gerundeter Oberfläche ihm genähert wird. Die positive Elektricität des Conductors und die negative des genäherten Körpers tauschen sich gegenseitig aus. War der genäherte Leiter nicht isolirt, so ist der Austausch vollkommen geschehen, der Conductor ist entladen; war der genäherte Körper aber isolirt und war er nicht groß genug, um die positive Elektricität des Conductors zu neutralisiren, so giebt er nur einen Theil der nöthigen negativen Elektricität her und beide Körper, der genäherte und der Conductor, erscheinen nun positiv elektrisch, allein nach Maßgabe der Größe des genäherten schwächer als früher.

Wenn die Erscheinung der Elektricität des Conductors eine indirecte ist, weil sie nur in Folge der Neutralisirung des geriebenen Glaskörpers entsteht, so ist dagegen die Elektricität des Reibezeuges eine ganz directe, wie der Scheibe oder des Cylinders selbst.

Durch das Reiben von Glas an Metall werden beide Körper elektrisch, das Glas positiv, das reibende Metall negativ; sowie das Glas direct die negative Elektricität des Conductors empfängt, so empfängt das Reibezeug direct die positive des dargebotenen Körpers, um sich mit derselben zu neutralisiren, es ist im Reibezeug nicht das vorgegangen, was im Conductor vorgeht, wenn aus ihm Funken gelockt werden, sondern es ist einfach ein metallischer Leiter durch Reibung an Glas negativ elektrisch geworden (sowie eben dadurch das Glas positiv) und diese Elektricität gleicht sich mit der des dargebotenen Körpers aus.

Die hydroelektrische Maschine.

Eine längst bekannte Thatsache, daß die Veränderung des Aggregatzustandes verschiedener Körper Elektricität zu erzeugen vermöge (wie wir an den Blitzen sehen), wurde von dem älteren Erman, einem der berühmtesten Physiker seiner Zeit, zu Versuchen aufgenommen, doch keineswegs zu einem Resultat von befriedigender Bedeutung geführt, es mußte der allmächtige Zufall kommen, um das gewaltige Agens zu zeigen, was im Gewitter wirkt und was der Mensch in seiner Gewalt hatte, ohne es zu ahnen und ohne es zu brauchen.

Zu Seghill befand sich in einer dortigen Fabrik eine Dampfmaschine; der Kessel war im Jahre 1840 undicht geworden; ein Arbeiter, der dies sah (ein starker Dampfstrahl strömte aus einem Spalt unfern des Sicherheitsventiles), wollte das zu stark belastete Ventil reguliren, sein Gewicht so weit verschieben, daß es leichter durch die Dämpfe gehoben werden konnte, faßte es daher mit der einen Hand, indeß zufällig die andere in den Strahl ausströmenden Dampfes gerieth; sowie dies geschah, erhielt er einen gewaltigen, erschütternden Schlag, der durch seinen Körper ging.

Zu Newcastle, eine deutsche Meile von Seghill, lebte der bekannte engländische Physiker Armstrong. Er ward von dem noch nie dagewesenen Ereigniß in Kenntniß gesetzt, eilte an Ort und Stelle und fand die mährchenhafte Sage bestätigt. Er machte nun Versuche zur Ermittelung des Vorganges, stellte sich auf einen Isolirstuhl, streckte eine Eisenstange in den Dampfstrahl, der aus dem Ventil entlassen wurde, und sein in einen Conductor verwandelter Körper gab nun mächtige, rasch auf einander folgende Funken ab. Die Stärke derselben und die Häufigkeit hing von der Spannung der Dämpfe im Kessel, d. h. zugleich von der Gewalt ab, mit welcher sie aus dem Ventil strömten. Am stärksten wurden sie erhalten bei Verwendung einer Lokomotive zu den Versuchen, weil hier ein Röhrenkessel in Anwendung, der sehr mächtige Dampfmengen in geringer Zeit erzeugte, also das Oeffnen des Sicherheitsventiles zur Entlassung des Dampfes bei dem Versuch keine Verringerung der Spannung der Dämpfe im Innern des Kessels zur Folge hatte.

Als eine solche Lokomotive, unter einem Schuppen stehend, gebraucht wurde, bemerkte man, daß sogar die Dampfwolke, welche sie in dem Dachraum desselben erzeugte, Elektricität an eine dargebrachte Spitze abgab, wie eine Wolke im Freien an einen Blitzableiter.

Da man bei der Untersuchung fand, daß die aus dem Dampf erhal-

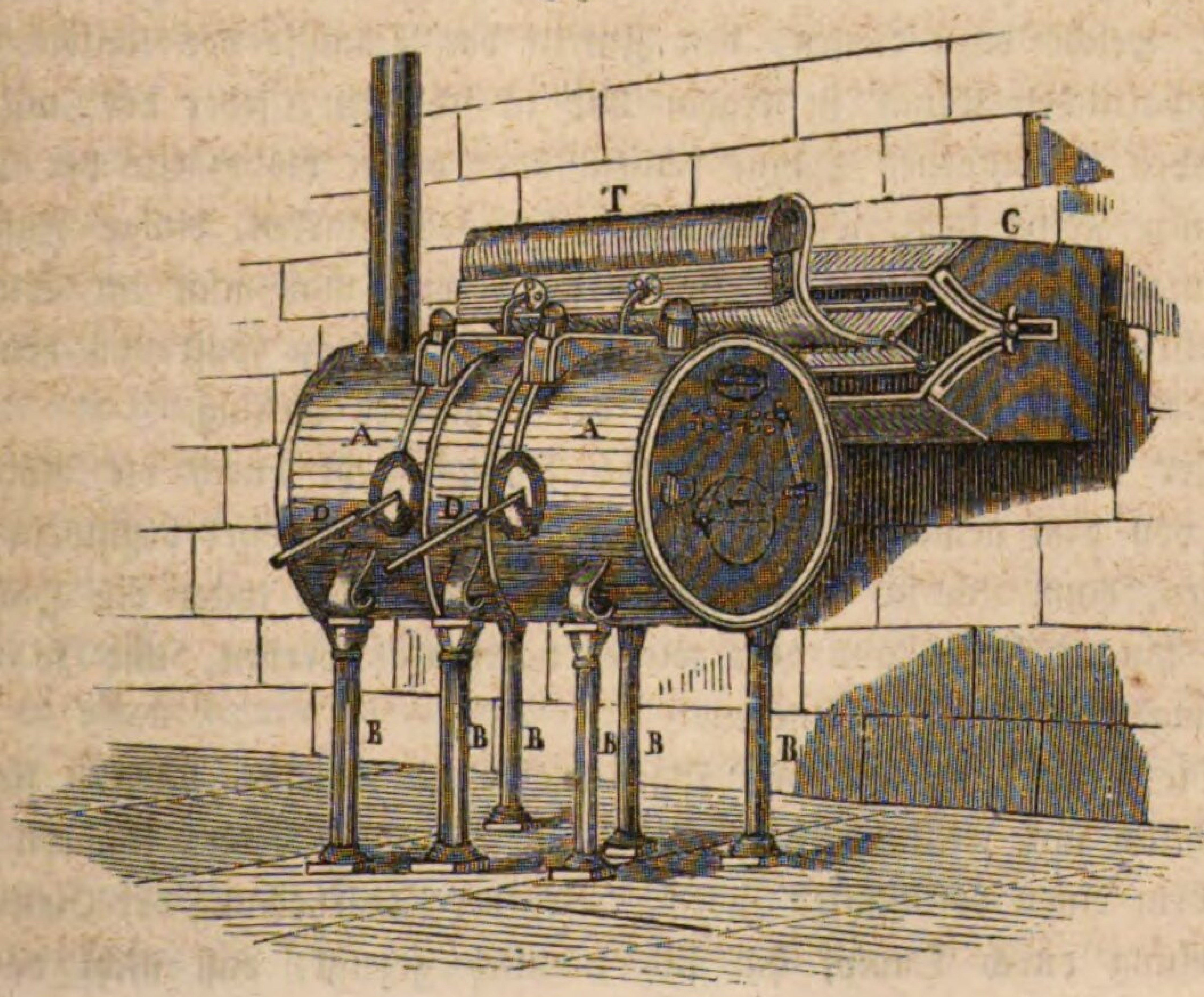
tene Elektricität die positive sei, so mußte der Kessel negativ sein, und um dieses nachzuweisen, ließ Armstrong eine Lokomotive isoliren.

Dies ist allerdings nichts ganz Leichtes, 40,000 Pfund lassen sich nicht auf vier Glasröhren setzen, darum mußte man ein anderes Mittel wählen. Die Räder wurden auf harzige Holzklötze gestellt, welche mit Pech überzogen, zwei und zwei übereinander lagen und zwischen sich einen Pechkuchen hatten. So stand die Lokomotive auf vier dergleichen zusammengesetzten Füßen und wurde nunmehr geheizt.

So lange diese Operation dauerte, zeigte sich bei der immer heißer werdenden Lokomotive keine Spur von Elektricität, bis genug Dampf entwickelt war und man denselben durch das Ventil ausströmen ließ. Da zeigte sich der Kessel und die ganze Maschine so stark negativ elektrisch, daß sie gegen einen dargebotenen Leiter einen fast ununterbrochenen Strom von kurzen aber gewaltig starken Funken entließ. Daß die Funken nicht lang waren, rührte von den unzähligen Ecken und Spitzen her, in welche solch ein vierrädriges Ungeheuer ausläuft und von der höchst unvollkommenen Isolirung, die allerdings mit einer durch hohe Glasfüße bewirkten nicht zu vergleichen war.

Die hier festgestellten Thatsachen gaben sowohl Armstrong als Faraday Veranlassung zu ausgedehnten Versuchen über die Erregung der Elektricität durch Verdampfung, und so entstand die hydroelektrische Maschine, welche nach einer englischen Originalzeichnung hier unter Fig. 24 abgebildet ist.

Fig. 24.



Der Hauptkörper des elektrischen Riesenwerkes ist ein 6½ Fuß langer und 3½ Fuß dicker Dampfkessel *A* von sehr starkem, gewalztem Eisenblech, welcher einen ganz ungewöhnlich hohen Dampfdruck zu ertragen vermag, denn auf die mächtige Anspannung der Dämpfe kommt es vorzugsweise an.

Dieser Kessel enthält in seinem vorderen und unteren Theile zugleich den Feuerraum, und er ist nach Art des Lokomotivenkessels so eingerichtet, daß die im Feuerraum entwickelte heiße Luft in eine Menge messingener oder kupferner Röhren strömt und in diesen nochmals durch das Wasser des Kessels geführt wird, so daß möglichst wenig von der in dem Feuerraum erzeugten Wärme verloren geht und sie gegentheils so schnell und so energisch als thunlich zur Wirkung kommt, d. h., daß in kürzester Zeit möglichst viel Dampf erzeugt wird.

Schließlich geht die heiße Luft und der Rauch durch einen Schlot aufwärts. Bei dem Bau des Kessels muß mit Sorgfalt darauf gesehen werden, daß Ecken, Kanten, vorspringende Theile, heraussteheude Schrauben 2c. vermieden und alle solche Gegenstände abgerundet werden, welches bei der Armstrong'schen, auf S. 61. gezeichneten Maschine allerdings nicht beobachtet aber eben darum fehlerhaft ist.

An der oberen Wölbung des Kessels befinden sich vier dicke, aufsteigende Röhren von geringer Länge, welche sämmtlich in einen Kanal münden, der die Röhren zur Entlassung der Dämpfe trägt. Es sind an der Armstrong'schen großen Maschine deren 46, unter dem Buchstaben *T* zusammengefaßt. Bei *D* und *D* sind mit Holz bekleidete Handhaben von Metall, welche dazu dienen, den Zutritt der Dämpfe des Kessels zu dem gemeinschaftlichen Kanal zu regeln und zu schließen, jeder der mit diesen Handhaben verbundenen Hähne schließt oder öffnet die Hälfte der Röhren. Der ganze Kessel steht, wie begreiflich, auf sehr starken, einige Fuß hohen Glassäulen *BB*, wodurch er isolirt wird und man nun im Stande ist die Elektricität des Kessels zu benutzen, während man sonst von dem Kessel keine Elektricität erhielt, sondern die des Dampfes auffing.

Der aus dem Kessel strömende Dampf geht durch die Röhren *T*, welche von dem gemeinschaftlichen Kanal über dem Kessel beginnend, zuerst aufsteigen, dann sich in einen Bogen krümmen, noch unter die Hähne des Kanals hinaus sinken und dort wieder horizontal werden, und so in ihre Mündungen eine jede auslaufen.

Die Krümmung und die Längen dieser 46 einzelnen Röhren sind nicht unabsichtlich und willkührlich gewählt, wie die Figur zeigt, sondern es hat ihre Form einen bestimmten Zweck. Bei der Untersuchung der Elektricitätsentwickelung durch Dampf hat sich nämlich gezeigt, daß nicht das Aus-

strömen des Dampfes allein, nicht die Umwandlung des Wassers in Dampf oder umgekehrt die Elektricitätsquelle sei, sondern daß die Reibung der Dämpfe und des niedergeschlagenen Wassers in den Mündungen der Röhren einen großen Antheil daran habe, und zwar des niedergeschlagenen Wassers vorzugsweise, denn die Elektricitätsentwickelung war nach Faraday's sorgfältigen Untersuchungen eine sehr geringe, wenn nur reiner Dampf aus den Röhren strömte.

Der Dampf nun, welcher durch diese mehrere Fuß langen, gekrümmten und dem Luftzutritt von allen Seiten ausgesetzten Röhren strömt, wird zum Theile abgekühlt und in Wasser verwandelt, der nicht niedergeschlagene Dampf reißt dieses Wasser mit sich fort und treibt es gewaltsam, mithin unter heftiger Reibung, durch die Röhrenmündung, und um die Reibung zu vermehren, ist diese Mündung durch einen Holzpflock noch bedeutend verengert.

Fig. 24a.



Die nebenstehende Zeichnung Fig. 24a giebt das Detail einer solchen Röhrenmündung. Die äußere Linie bezeichnet das Aussehen, die Form des Mundstückes, dessen äußerstes Ende *MN* abgeschraubt werden kann und eine Art Klammer bildet.

In dem hohlen Raum hinter dieser Kappe liegt ein gut gedrechseltes und durchbohrtes Stück Buchsbaumholz, welches unter *abcd* ganz so zu sehen ist, wie es wirklich gestaltet sein muß. Hinter diesem hölzernen Kegel ist die Röhre durch ein eingesetztes Stück Metall so verengert, daß der durch die Spannung im Kessel getriebene Dampf den Weg machen muß, den der Pfeil andeutet, bevor er in das Holzstück eintritt und durch dieses in die Luft entweicht.

Der hoch gespannte Dampf tritt in den, sämmtlichen Röhren gemeinsamen Kanal, aus diesem in die Röhren selbst und strömt aus der verengerten Oeffnung unter heftiger Reibung hervor. Die Reibung bedingt die Elektricitätszersetzung, der Dampf, mit der positiven Elektricität beladen, entweicht, der Kessel behält die negative Elektricität zurück. Am lebhaftesten ist sein Spiel, wenn die Mündung der Röhren auf einen mit der Erde leitend verbundenen Rahmen, mit Metallspitzen besetzt, gerichtet sind. Die Fig. 24. zeigt diesen Rahmen, wie er bei der großen, bis jetzt einzigen Maschine der Art und Ausdehnung in London gebraucht wird — der Rahmen ist in einen Kamin gesetzt, durch welchen die theils verdichteten Dämpfe unten als Wasser abfließen, die nicht verdichteten nach oben entweichen. Dies macht die Anwendung in einem geschlossenen Raum möglich; ist die Einrichtung nicht so zu treffen, wie bei den vielen kleineren, die man der Londoner ähnlich im sehr verjüngten Maaßstabe angefertigt, so wird ein

Drahtnetz mit Metallspitzen besetzt, dem Ausströmungsrohr gegenüber gestellt und auf diesen Rahmen, dieses Metallnetz, lenkt man den Dampfstrahl. Man sagt, ein Dampfrohr gäbe die Menge Elektricität, welche eine gute Elektrisirmaschine mit einer Scheibe von 32 Zoll Durchmesser liefert. Freilich ein sehr relatives Maaß.

Die große Londoner, mit 46 solcher Dampfmündungen, giebt Funken von 22 Zoll Länge und einer so ungeheuren Kraft, daß Niemandem gestattet wird, die Funken, selbst unter den nöthigen Vorsichtsmaßregeln, aufzufangen. Diese Maschine ladet eine ungeheure Batterie in zwei Minuten, während die große Londoner Scheibenmaschine mit zwei Gläsern von 6 Fuß Durchmesser zu der Ladung derselben Batterie fünf Minuten braucht (wobei nicht etwa die Schwierigkeit der Umdrehung so riesiger Scheiben den Erfolg bedingt, indem eine Dampfmaschine sie in Bewegung setzt). Mit dem continuirlichen Strom dieser Hydroelektrisirmaschine bringt man Zersetzung des Wassers und Ablenkung der Magnetnadel hervor, was bis jetzt noch mit keiner anderen Elektrisirmaschine gelungen ist. Man hat mithin in diesem Instrument eine Quelle der Elektricitätserregung gefunden, wie sie bis dahin noch nicht bekannt, ja kaum für möglich gehalten war.

Praktische Regeln.

Es dürfte hier der passendste Ort sein, noch einige der vorzüglichsten Regeln anzuführen, welche man zu befolgen hat, wenn man von einer sonst gut construirten Reibungs-Elektrisirmaschine die kräftigsten Wirkungen bei den mit ihr angestellten Versuchen erhalten will.

Vor jedesmaliger Benutzung einer Elektrisirmaschine ist reines Abwischen der Glasstangen und des Glaskörpers selbst (Scheibe oder Cylinder) unerläßlich; unterläßt man dieses bei den Säulen, die den Conductor tragen, so verliert man durch Ableitung derselben viel von der Elektricität, unterläßt man es bei dem Glaskörper der Elektrisirmaschine, so zieht bei der ersten Umdrehung der Staub, mit dem sie jedenfalls beladen war (da die elektrisirte Glasfläche diesen mit Begierde aus der Luft an sich zieht), sich über das Metallpulver des Reibezeuges, bedeckt dieses, hindert die Reibung des Glaskörpers am Metall, und die Menge der Elektricität, welche man erhalten konnte, verringert sich bei wiederholten Unterlassungssünden so, daß sie zuletzt auf ein Geringstes herabsinkt.

Hat die Elektrisirmaschine lange Zeit ungebraucht gestanden, so muß die Reinigung noch viel sorgfältiger geschehen, es genügt nicht das bloße Abwischen mit einem trockenen Tuche, man muß wollenes Löschpapier oder

ein Stück Flanell (beides sehr trocken, wo möglich warm) anwenden und damit den Glaskörper so reiben, daß alle Fett- oder Amalgamspuren und Streifen von ihm verschwinden. Um sich die Arbeit zu erleichtern, kann man ein leinenes Tuch mit Aether benetzen und damit den Glaskörper (nachdem die Reibezeuge ganz von ihm entfernt sind) abwaschen. Dann aber muß er eine Stunde ziemlich trocken und warm (in der Nähe des Ofens oder im Sonnenschein) stehen und hierauf nochmals sorgfältig mit einem trockenen Wollenlappen abgerieben werden; bei Scheibenmaschinen muß man sehr vorsichtig sein, daß die Scheiben nicht durch einseitigen Druck beim Reiben zerbrechen, man muß auf der entgegengesetzten Seite die flache Hand an dieselbe legen, bei einem Cylinder kann man schon etwas derber aufdrücken.

Hat die Maschine, wie hier angenommen wird, längere Zeit unbenutzt gestanden, so ist frisches Amalgamiren unerläßlich — man muß das alte Amalgam wegschaffen, das Reibezeug, wie bereits beschrieben, mit Talg ein wenig einfetten und darauf das Kienmeier'sche Amalgampulver aufstreuen; nach Dove's Angaben ist nunmehr noch erforderlich, daß es nicht blos angedrückt werde an das fettige Reibezeug, sondern daß es mit einem blanken Gegenstande, am besten wohl mit einem Polirstahl, so lange gerieben werde, bis es metallisch glänzt, seine Pulverform und seine schwarze Farbe verloren hat und eine blanke, zusammenhängende Decke bildet.

Die Stücke Seidenzeug, welche von dem Reibezeuge ausgehen und das Zusammenhalten der auf dem Glaskörper entwickelten Elektricität bewerkstelligen, werden durch längern Gebrauch fettig und mit Metall bedeckt, alsdann sind sie nicht mehr tauglich und müssen durch neue ersetzt werden.

Häufig kann man wahrnehmen, daß eine Elektrisirmaschine, welche gestern die glänzendste Wirkung hatte, heute so gut wie gar keine zeigt, ohne daß man sich den Grund angeben kann. Man sehe alsdann nur sorgsam nach, man wird wohl eine Spitze oder einen Haken, der irgendwo herabhängt, finden, und mit Beseitigung desselben ist die frühere Thätigkeit auch wieder da. Von sehr wesentlichem Einfluß sind aber Temperatur und Temperatur-Unterschiede. Wenn im Herbst oder im Frühling die Luft draußen sehr warm und heiter ist, so will oft die Elektrisirmaschine im Zimmer gar nicht wirken, es ist draußen trocken, in dem Zimmer aber feucht. In diesem Falle hilft nichts als Heizen, bis die Luft des Zimmers wärmer ist als außerhalb desselben. Oft will eine Elektrisirmaschine während des Winters an einem Orte des Zimmers nicht wirken, indeß sie zwei Stunden früher an einem anderen Orte desselben Zimmers sehr gut wirkte. Es wird immer die Lage gegen das Fenster zu berück-

sichtigen sein. Die Elektrisirmaschine muß stets so stehen, daß der Glaskörper dem Ofen so nahe als möglich, der Conductor von demselben abgewendet ist. Doch darf der Glaskörper von dem geheizten Ofen nicht fühlbar erhitzt werden, sondern nur eine Temperatur von etwa 18 bis 20° annehmen; steigt die Wärme so hoch, daß man sie mit der Hand deutlich fühlt, also über 30°, so läßt die Wirkung auffallend nach. Nimmt die Maschine, welche gestern in der angegebenen Stellung vortrefflich wirkte, heute vielleicht aus Bequemlichkeitsrücksichten in demselben Zimmer eine entgegengesetzte Lage ein, so wird sie nicht gut, vielleicht gar nicht wirken, die in der Nähe des Ofens aufgelösten Dämpfe schlagen sich in der Nähe des Fensters, als des kühlsten Theiles der Stube, nieder und befeuchten auch den Cylinder oder die Scheibe, deren vollständige Trockenheit das wesentlichste Erforderniß zur reichlichen Entwickelung der Reibungselektricität ist.

Wenn man es in seiner Gewalt hat, die Reibezeuge durch gute, metallische Leitung mit der feuchten Erde in Verbindung zu setzen, so hat dieses einen großen Nutzen. In den Hauptstädten des Continents hat man meistentheils Gasleitungen; kann man die metallische Verbindung des Reibezeuges mit der Erde durch ein solches Gasleitungsrohr herstellen, so hat man das beste was man erlangen kann; mit einem Blitzableiter, mit einer Dachrinne, mit einer Brunnenstange wird die Verbindung überall herzustellen sein. Wie richtig dies übrigens sei, glaubt man kaum. Die große Elektrisirmaschine, welche in des Verfassers Besitz ist, zersetzt durch Reibung die $\pm$ E des Reibezeuges in solcher Menge, daß zwei dünne Eisendrähte (etwa $\frac{1}{6}$ Linie dick), welche mit dem Fußboden oder mit dem Ofen in Verbindung sind, während der Bewegung der Maschine dem genäherten Finger fortwährend kleine Funken abgeben, es sind also diese beiden Drähte nicht genug, um die zersetzte $\pm$ E des Reibezeuges wieder vollständig (d. h. unaufhörlich und so, daß die Zersetzung dadurch unbemerkbar würde) auf dem Standpunkte der Indifferenz zu erhalten.

Bei einer guten Elektrisirmaschine muß es auf die Temperatur im Allgemeinen wenig ankommen; nur Feuchtigkeit in dem Grade, daß sie sich bei der vorhandenen Temperatur dem Thaupunkte nähert, ist unbedingt d. h. unter allen Umständen schädlich; ist heute doppelt so viel Feuchtigkeit in der Luft als gestern, ist aber die Temperatur um so viel höher, daß die Feuchtigkeit weiter von dem Thaupunkte entfernt ist, so wird die Maschine in dem letzteren Falle besser wirken als im ersten. Also wird auch eine Maschine, die bei 20° Kälte in einem möglichst trockenen Zimmer in Bewegung gesetzt wird, sehr gute Resultate liefern; ist dagegen die Temperatur 15° über 0 und die Maschine steht in einem niedrigen Parterre mit

stockigen Wänden, so wird sie nichts leisten. Dies sind Dinge, welche man ausprobiren muß.

Noch wird man davon überrascht werden, daß eine Elektrisirmaschine, welche noch soeben treffliche Dienste leistete, jetzt, wo man sie bei der Vorlesung zur Unterstützung seines Vortrages brauchen will, ihre Dienste versagt. Besonders oft geschieht dies jungen Docenten, welche mit großer Sorgfalt alle Experimente unmittelbar vor der Stunde durchgemacht haben, und nun in Verzweiflung sind, weil nichts gelingen will; es ist drollig zu hören, was dabei für Entschuldigungen vorkommen, wie die vielfach arme, gelästerte Elektricität der Launen beschuldigt wird, des Eigensinnes, daß man gar nicht wisse, woran man mit ihr sei, so eben habe man doch noch ꝛc. ꝛc.

Wenn der Experimentator dafür sorgt, daß die Temperatur der Gegend, wo die Maschine steht, höher sei, als die der übrigen Räume des Auditoriums, so wird von Launen und von Eigensinn keine Rede mehr sein, die eintretenden Zuhörer bringen in ihrem Athem eine große Menge Feuchtigkeit mit, welche bald das Zimmer dergestalt erfüllt, daß es damit übersättigt ist, da hilft nur die Stellung der Elektrisirmaschine neben dem Ofen, wenn es Winter ist, oder im Sommer Oeffnen aller Fenster, damit der Wasserdampf sich nicht im Zimmer anhäufen könne.

Isolirstativ.

Um die sowohl höchst interessanten, als für die Lehre von der Elektricität wichtigen Versuche anzustellen, bedarf man noch einiger Instrumente, deren Beschreibung und Verfertigung hier folgen soll, bevor wir uns zur Fortsetzung der Lehre von der Elektricität selbst wenden.

Fig. 25.



Man kann Gegenstände längere Zeit in einer elektrischen Spannung erhalten wollen, dazu bedarf man eines Isolirstativs oder eines Isolirstuhles.

Das Erstere ist ein Tischchen von Holz oder Metall, mit einem Fuß, welcher von Glas ist. In die Mitte eines runden oder viereckigen Klötzchens bohrt man ein Loch, steckt ein massives Glasstängelchen von etwa 6 Zoll Länge hinein und kittet es mit Schellack fest, oben darauf wird ein ähnliches, um etwas kleineres Klötzchen gesetzt. Begreiflich kann man beides sehr schön aus gegossenem, sauber abgedrehtem und gefirnißtem Mes-

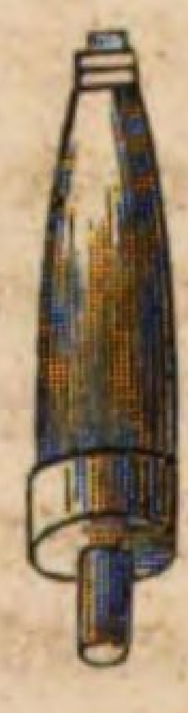
sing machen, es thut das erst beschriebene jedoch vollkommen dieselben, vielleicht noch bessere Dienste.

Fig. 26.



Der Isolirstuhl oder Isolirschemel besteht aus einem an den Kanten wohl abgerundeten Brette mit starken, eingeschobenen Leisten. Es muß von der Größe sein, daß ein gewöhnlicher Stuhl bequem darauf stehen kann. Vier starke, 1 Fuß lange Glassäulen läßt man in die beiden, gegenüber eingeschobenen Leisten ein und kittet sie darin fest.

Fig. 27.



Kleine Halbschoppenflaschen von grünem Glase thun übrigens dieselben Dienste wie die Glassäulen und kosten den 30sten Theil. Die Flaschen müssen ganz neu sein, dürfen noch keine Flüssigkeit enthalten haben, sie werden mit neuen Korken fest verstopft, die Korke läßt man etwa ¼ Zoll vorstehen. Der Boden einer jeden Flasche wird mit einer hölzernen Kapsel, die einen Absatz hat, versehen, wie aus der Zeichnung erhellt. Der Ansatz braucht keine Schraube zu haben.

In diese Kapseln werden die Flaschen mit Pech eingekittet und alsdann in die mit einem Centrumbohrer von der Breite des Ansatzes oder Zapfens, in die Einschiebeleisten gebohrten Löcher gesetzt, weshalb diese Leisten auch beiderseitig ziemlich nahe am Ende des Brettes eingeschoben sein müssen.

Verstärkungsflasche.

Nachdem, wie bereits erwähnt, Kleist in Camin (Hinterpommern) die nach ihm benannte Verstärkungsflasche entdeckt hatte, bemühete man sich, diese auf eine bequemere, für Versuche geeignete Weise darzustellen. Es geschieht dies folgendermaßen:

Man sucht sich ein cylindrisches Bierglas (Weißbierglas) oder überhaupt einen auf einer Seite geschlossenen Glascylinder (jede andere Form ist weniger geeignet) von hartem, womöglich grünem Glase aus, welcher ganz frei von Blasen und Sandkörnern ist. Befindet sich ein solches in dem Glase, so ist alle Arbeit daran verloren, bei der ersten Ladung zerspringt die Flasche.

Aus gewalztem Zinn (Staniol) schneidet man drei Finger breite Streifen, welche 2 bis 3 Zoll kürzer sind als das Glas. Man bestreicht einen solchen Streifen äußerst dünn mit Buchbinderkleister, bedient sich dazu nicht eines Pinsels, sondern des Zeigefingers und streicht damit alles hinweg bis auf ein Minimum, legt den Streifen auf die flache Hand, bringt ihn in

das Glas so, daß sein eines Ende bis an den Boden der Flasche reicht, das andere Ende aber von der Mündung 2 bis 3 Zoll absteht. Den Metallstreifen drückt man anfangs gelinde an, daß er überall haftet, dann aber streicht man mit dem zusammengekniffenen Zeigefinger darüber hin, so daß das Metall vollkommen glatt anliegt, nirgends sich Blasen oder Falten zeigen und man glaubt, man habe den Kleister gänzlich entfernt, was dadurch zu geschehen scheint, daß der Strich mit dem drückenden Finger immer ganz gleichmäßig von unten nach oben geführt wird, wodurch der Kleister, vor demselben hergeschoben, am oberen Ende zwischen Glas und Metall herausquillt.

Man legt, wenn das erste Blatt auf diese Weise befestigt ist, vollkommen glatt am Glase haftet, ein zweites daneben u. s. f., bis die Flasche rundum inwendig belegt ist, wobei man darauf zu sehen hat, daß der obere Rand überall gleich weit frei, unbelegt bleibt und keine Ecken und Spitzen zeigt.

Jetzt lasse man die Flasche ein bis zwei Tage an einem mäßig temperirten Orte stehen, so wird man wahrnehmen, daß sich hunderte von Bläschen zwischen Glas und Metall gebildet haben; sie entstehen durch den geringen Ueberrest von Kleister, der nicht entfernt worden ist und nun in Gährung übergeht. Diese Blasen muß man durch Streichen mit dem zusammengebogenen Zeigefinger fortschaffen, gerade wie man es bei der ersten Beklebung des Glases thut. Man wird das auch noch zwei bis drei Wochen lang wiederholen müssen, so lange, bis sich nach mehrtägigem Stehen nirgends mehr eine Blase zeigt; ist nun die innere Belegung fest und trocken, so kann man zur äußeren Belegung schreiten, welche leichter von statten geht und nicht ganz so viel Zeit raubt.

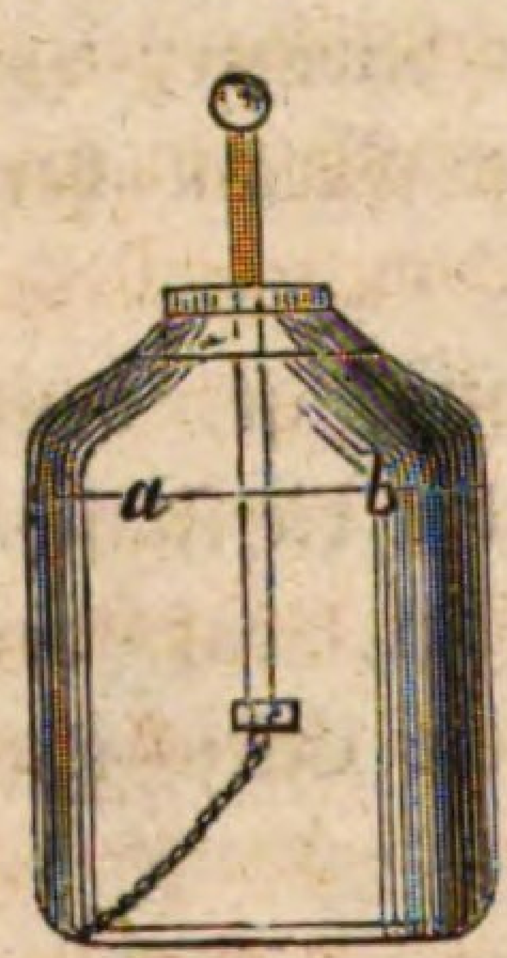
Eine so behandelte Flasche, ohne Blasen und Sandkörner im Glase selbst, ohne Falten und Blasen in der Belegung, ist geeignet jede Ladung bis zur Selbstentladung über den unbelegten Rand zu ertragen.

Ist die Belegung auswendig und inwendig fertig und trocken, so höhlt man ein möglichst großes Stück Kork so aus, daß es auf den etwas erhabenen Boden der Flasche gut paßt, erhitzt alsdann diese vorsichtig so weit, bis Siegellack auf derselben schmilzt, und klebt dadurch den Korkspund (in welchem ein, um 6 bis 8 Zoll über den Rand der Flasche hinausragender starker Draht gut befestigt ist) an dem Boden der Flasche fest, oder man bewerkstelligt dies durch einen Kitt aus Leim und Kreide, ohne vorhergegangene Erhitzung der Flasche.

Um diesen Draht wird ein doppeltes Stück schmale, unechte Tresse geknüpft und so weit hinabgeschoben, daß die Schleife auf dem Korke auf-

liegt und die vier Enden die Seiten der Flasche an verschiedenen Stellen berühren. Man kann auch den Kork, in welchem der Draht steckt, mit Staniol bekleben und diese Bekleidung einerseits mit der Belegung der Flasche, andererseits mit dem Drahte genau verbinden. Auf dem Draht an seinem oberen Ende steckt eine Kugel von Metall. Somit ist die Flasche zum Gebrauch fertig.

Fig. 28.



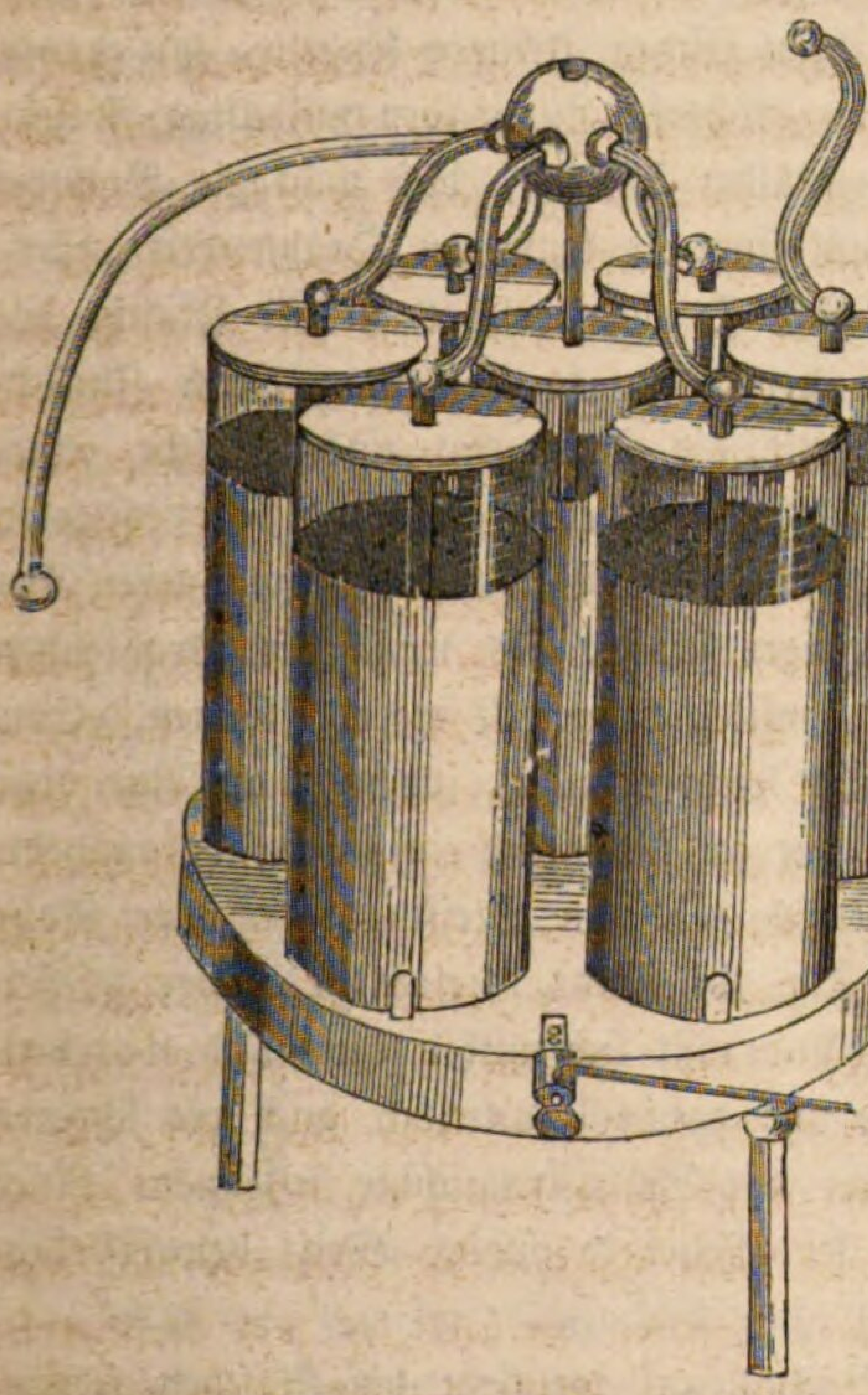
In der beigegebenen Zeichnung läßt sich nur die äußere Ansicht zeigen. Die Belegung, welche von Innen und Außen gleich hoch ist, reicht bis *ab*; der obere Rand, welchen man nach der Größe der Flasche höher oder niedriger macht, bleibt frei, bei sehr großen Flaschen (man hat deren von 2 Fuß Höhe und 1 Fuß im Durchmesser) läßt man dieselben 4 bis 5 Zoll hoch unbeklebt, indessen gewöhnlich 2 Zoll genügen. Der obere Theil der Flasche ist nicht cylindrisch, dies thut nichts zur Sache, wenn man nur bequem mit der ganzen Hand in die Oeffnung kann. Die Oeffnung ist mit einem hölzernen Deckel geschlossen, in welchem der Leitungsdraht mit der Kugel befestigt ist; an seinem unteren Ende hängt eine Kette oder Metallschnur auf den Boden der Flasche herab. Um jedoch Flaschen von sehr großer Schlagweite zu erhalten, läßt man den oberen Rand noch viel weiter als nur 5 Zoll unbelegt. Hat man z. B. einen unten geschlossenen Cylinder von 2 Fuß Höhe (auf die Weite kommt es hierbei nicht an), so kann man den oberen Rand 1 Fuß hoch frei lassen; es wird alsdann möglich werden, daß man (bei Anwendung einer kräftigen, schnell wirkenden Elektrisirmaschine) aus dem Kopf der Flasche blitzähnliche Funken von 10 bis 12 Zoll Länge bekommt. Eine wesentliche Bedingung für die schnelle Ladung und das leichte Ueberschlagen von Funken ist eine möglichst dünne Belegung der inneren Seite. Nimmt man hierzu, wie jetzt wohl immer geschieht, Staniol, so muß die Ladung sehr stark sein, um ein weiteres Ueberschlagen zu bewirken; wenn man jedoch die innere Seite mit einem leicht trocknenden Firniß dünn aber gleichmäßig bestreicht und dann, sobald der Firniß nicht mehr abgiebt sondern nur noch an dem berührenden Finger leicht klebt, die Belegung statt aus Staniol aus unechtem Goldschaum auf den Firniß trägt (worauf sie sogleich haftet und nur eines leichten Andrückens mit einem glatten Baumwollenbausch bedarf, um befestigt zu werden), so erhält man eine Flasche, welche sich außerordentlich leicht laden und überladen läßt und welche bei der Ausladung Funken von überraschender Länge giebt.

Die Batterie.

Bereitet man sich gleichzeitig viele solcher Verstärkungsflaschen, so nimmt die Bearbeitung von 10 oder 20 auch nicht viel mehr Zeit fort, als die einer einzelnen, und man hat alsdann gleich das Nöthige zu einer Batterie.

Eine Batterie ist nämlich eine durch Gralath in Danzig erdachte Zusammenstellung vieler Verstärkungsflaschen, welche alle gleichzeitig geladen werden und sich eben so gleichzeitig entladen. Je nach der Größe der Wirkung, welche man erzielen will, richtet sich die Menge der zusammenzustellenden Flaschen.

Fig. 29.



Bei fünf bis zehn ist die bequemste Form folgende: Man macht sich einen runden Kasten von trockenem Holze, dessen Größe sich nach der Menge der aufzunehmenden Flaschen richtet. Derselbe ist inwendig auf der ganzen unteren Fläche mit Staniol beklebt. Der Holzrand kann davon frei bleiben; durch denselben aber wird ein Draht von möglichster Stärke (Messing oder Kupfer), auswendig mit einem Ringe oder einer Schraube versehen, so weit nach dem inneren Raume geschoben, daß er mit der Staniolbelegung des Kastens gut metallisch verbunden ist. Man schlägt ihn an dieser Seite breit und nagelt oder schraubt ihn durch die Belegung in dem Bodenbrette fest.

In die Mitte des Kastens wird eine Flasche gestellt, welche eine große Kugel (2 bis 3 Zoll Durchmesser) von Messing trägt. Sie hat unten eine Oeffnung für den Draht rundum; an dem Aequator der Kugel, falls man die Oeffnung, in welcher der Draht steckt, den Pol der Kugel nennen will,

sind so viele Löcher gebohrt, als man Flaschen in den Kasten setzt. Diese anderen Flaschen haben nicht gerade Drähte wie die mittelste, sondern krumm gebogene, wie die Figur zeigt. Die Spitzen derselben reichen in die Löcher der großen Kugel. Jetzt sind alle Belegungen auswendig durch die Staniolplatte, auf der die Flaschen stehen, inwendig aber durch die Drähte, welche sämmtlich in der Kugel sich vereinigen, verbunden und dies ist die wesentlichste Bedingung zu einer Batterie.

Die beigegebene Figur 29 bietet noch eine große Bequemlichkeit dar, welche sie allerdings etwas kostbar macht.

Die Kugel der mittelsten Flasche hat nicht 6 oder 10 Löcher an der Peripherie, und die gebogenen Drähte der anderen Flaschen können also nicht in dieselben gesteckt werden, deshalb sind die Enden der Drähte nicht spitz gefeilt, sondern sie haben alle an ihren Enden kleinere Kugeln, mit denen sie sich, wie die Figur zeigt, an den größeren Knopf der mittelsten Flasche lehnen. Der Zweck hierbei ist vor allen Dingen, daß man die Batterie beliebig verkleinern könne und darum sind die krummen Drahtenden außerhalb der Flasche an demjenigen Stücke Draht, welches in der Flasche befestigt ist, auf einem Cirkelcharnier beweglich, so daß man durch Zurückbiegen des gekrümmten Drahtes (wie die Figur an einer Flasche zeigt) die Berührung mit der mittelsten Flasche aufheben kann. Allein es wird der Apparat dadurch kostbar und es wird die Verbindung der inneren Belege der Flaschen untereinander weniger innig, als wenn die Drahtenden einer jeden Flasche in die Kugel der mittelsten gesteckt werden können. Eine Verkleinerung der Batterie wird sehr leicht erreicht, indem man eine oder mehrere Flaschen aus dem Kasten, der sie sämmtlich einschließt, heraushebt.

Von der mittelsten großen Kugel geht ein Messingdraht oder Rohr seitwärts ab (in der beigegebenen Fig. 28 links), dieses ist in der großen Kugel durch eine Schraube befestigt und läßt sich mithin auf- und abdrehen, es dient dazu, die mittelste Flasche und dadurch mittelbar auch die übrigen damit verbundenen an den Conductor der Elektrisirmaschine zu lehnen. Auch dieses kann, wie begreiflich, auf jede beliebige andere Weise bewerkstelligt werden.

Unten an dem umrandeten Brette, auf welchem die Flaschen stehen, sieht man einen von der Mitte rechts abgehenden Draht. Es ist dieses der bereits beschriebene zur Verbindung der sämmtlichen äußeren Belegungen mit demjenigen Gegenstande, durch welchen der Schlag der Batterie geführt werden soll. Dieser Draht ist in der Zeichnung mit einer Hülse und einer Schraube versehen, vermöge deren er beliebig gerichtet werden kann. Es ist diese Einrichtung sehr bequem, doch ebenfalls nicht durchaus nöthig.

Schließlich ist zu bemerken, daß die Batterie Fig. 29 auf Glasfüßen ruhet, was für manche Versuche von Wichtigkeit ist; allein es ist keinesweges nöthig, daß diese Glasfüße zur Batterie gehören, man kann, wenn eine solche Isolirung erforderlich, dieselbe dadurch bewerkstelligen, daß man die Batterie auf einen Isolirstuhl stellt, welcher jedenfalls ein unentbehrlicher Gegenstand einer Sammlung physikalischer Instrumente ist.

Das Quadranten-Elektrometer.

Um ein Maaß zu haben, an welchem man die Stärke der Ladung einer Flasche oder einer Batterie wenigstens annäherungsweise ermessen könne, erdachte Henly das Instrument, welches unter Fig. 30 in derjenigen Form hier beigefügt ist, welche es durch Saxtorph erhielt, durch den einige der Uebelstände, welche das alte vor mehr als hundert Jahren erfundene an sich hatte, glücklich beseitigt sind.

Fig. 30.



Ein Stück Buchsbaumholz, in der Zeichnung mit *a* angegeben, wird in der hier vorgeschriebenen Form abgedreht, so daß der dünne Theil *b* bequem in eine Röhre des Conductors, mittelst dessen die Batterie geladen wird, oder in den zu diesem Behufe durchbohrten Knopf der Batterie selbst gesteckt werden kann. Die Maaße, nach denen das Instrument verfertigt wird, sind sehr verschieden, doch wird man vielleicht am besten thun, wenn man es gerade dreimal so groß als die Zeichnung macht.

Das Buchsbaumstück *a* wird oben etwa auf ⅓ seiner Länge aufgeschlitzt und eine dünne Horn-, Elfenbein- oder Glasplatte von halbkreisförmiger Gestalt hineingeklemmt und durch Leim befestigt. Die Platte ist in ihrem Umfange eingetheilt wie die Figur zeigt.

Auf der anderen Seite des Schlitzes in dem Buchsbaumcylinder steht ein zweiter sehr viel dünnerer, der in einer Kugel *e* endet, die gleichfalls aufgeschlitzt ist. Quer durch diese Kugel und den Schlitz ist ein Stift getrieben, welcher zur Achse des Zeigers *HK* dient. Derselbe besteht aus einem feinen Draht, der dort, wo die Mitte der Kugel *e* von einem Stift durchbohrt ist, eine Schleife oder Schlinge hat, mittelst deren dieser Zeigerapparat oben auf die Achse der Kugel *e* beweglich ist.

Wie der Leser aus der Zeichnung ersieht, ist dieser Draht so gebogen,

daß sein unteres Ende *i* keinesweges in der Verlängerung des oberen *H* verläuft, sondern nach hinten so zurücksteht, daß es parallel mit der Rückseite des Buchsbaumcylinders herabhängt. Das obere Ende hingegen steht so, oder wird gebogen bis es so steht, daß es einen Radius des Gradbogens bildet. Beide Drahtenden sind mit feinen, glatten Strohhalmen überzogen oder sie können auch heiß gemacht durch Schellack bekleidet werden. An dem langen Ende, welches herabhängt, wird eine Kugel von Meerschaum befestigt, und nun ist das Instrument zum Gebrauch fertig.

Es ist begreiflich, daß ein jedes Exemplar eine besondere Sprache redet, es müßten denn mehrere gleichzeitig von demselben Mechanikus aus denselben Stoffen verfertigt werden, aber auch dann würden sie sich in ihrem Gewichte um einzelne Grane, in ihren Dimensionen um Zehntheillinien unterscheiden und also nicht vergleichbar sein, wenn schon annäherungsweise. Man prüft also dasjenige, was man sich selbst gemacht hat oder was man sich hat machen lassen, und sieht, auf welchen Grad es zeigt, wenn man eine Flasche oder eine Batterie von so und so viel Flaschen durch fünf, durch zehn, durch zwanzig Umdrehungen der Elektrisirmaschine geladen hat (bei schwachen Maschinen wird man auf hundert und auf mehr Umdrehungen steigen können) und man weiß nun: „wenn mein Elektrometer diesen oder jenen Standpunkt einnimmt, so ist meine Batterie, meine Flasche so stark geladen, daß ich dieses oder jenes damit ausrichten kann.“ Ein absolutes Maaß hat man darin allerdings nicht, es ist darum auch kein Elektrometer, sondern nur ein Elektroscop, wie alle andern Instrumente dieser Klasse; allein es hat dennoch in der angegebenen Weise einen nicht zu verkennenden Werth.

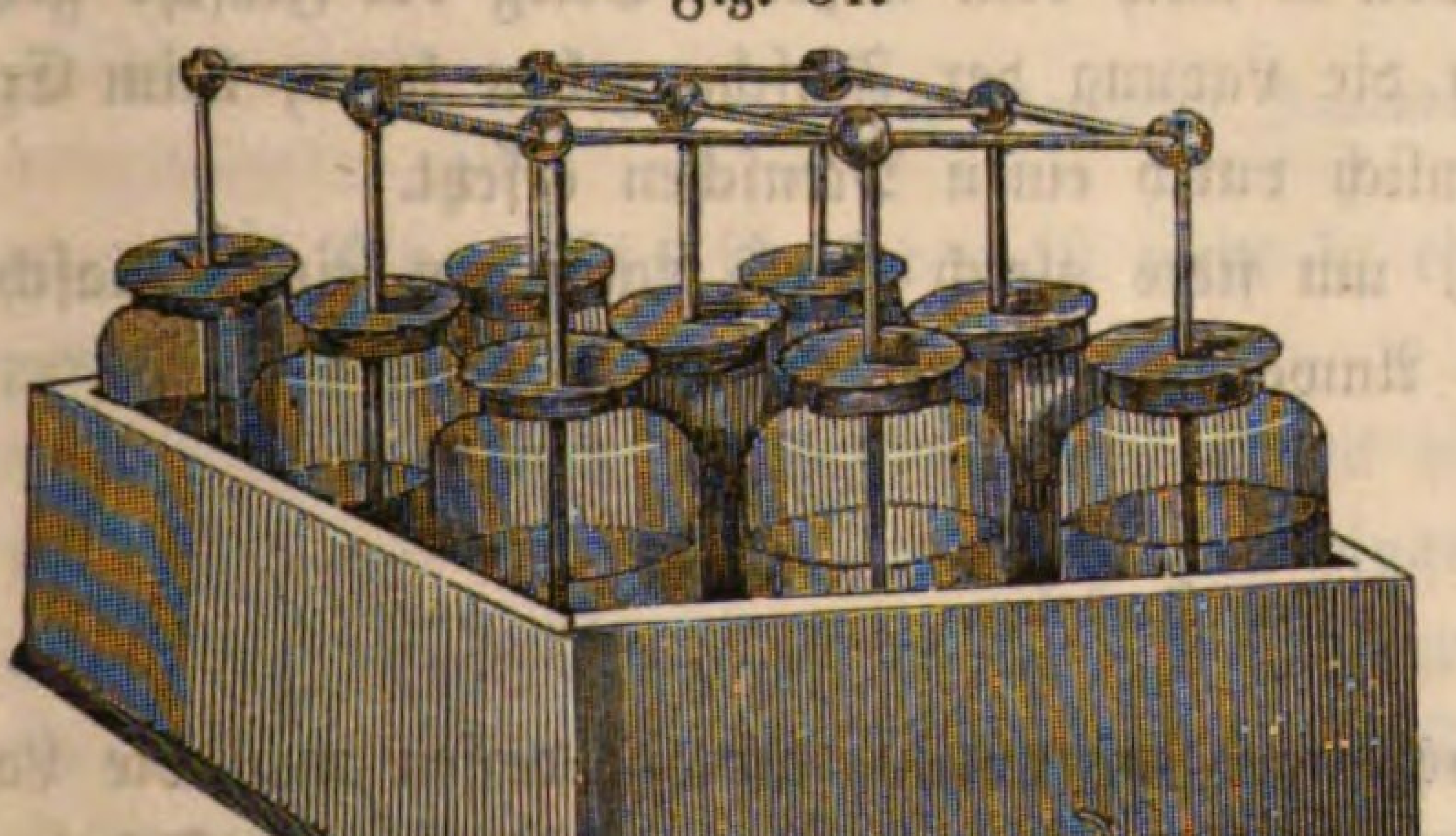
Man hat z. B. einen Versuch gemacht, welcher die Ladung einer Batterie von sechs Flaschen bis zu einem gewissen Grade erforderte. Man hatte diesen Grad vor einem halben Jahre durch 30 Umdrehungen der Elektrisirmaschine hervorgebracht, man thut dasselbe jetzt auch, allein der Versuch gelingt nicht, selbst vierzig, funfzig Umdrehungen helfen nicht — warum? Damals war die Elektrisirmaschine frisch amalgamirt, jetzt ist sie es nicht, damals war das Zimmer geheizt, jetzt ist es nicht geheizt, oder damals war Sommer mit einer Wärme von 24° im Schatten, jetzt haben wir Spätherbst, noch nicht kalt genug um zu heizen, nicht warm genug um die Feuchtigkeit der Luft fern von ihrem Thaupunkte zu erhalten. Da hilft denn das Quadranten-Elektrometer. Es war damals durch 30 Umdrehungen so gestiegen, daß der Zeiger auf den 15ten Grad zeigte; jetzt brauche ich freilich mehr Umdrehungen (vielleicht auch weniger unter günstigeren Umständen), allein ich werde den Zeiger auch früher oder später auf 15 Grad

kommen sehen und dann eine eben so starke Ladung haben, als früher zu einer gewissen Zeit, und so leistet das Instrument wesentliche Dienste.

Eine Vorsicht bei dem Gebrauche darf nicht aus dem Auge gelassen werden. Das Instrument hat Ecken, Spitzen und Schneiden; es giebt also Anlaß zur Zerstreuung der in der Batterie einseitig aufgehäuften Elektricität, man muß daher nach der Ladung der Batterie auf die erforderliche Höhe der Spannung den Elektrometer entfernen. Aber wie? Sobald man dasselbe berührt, entzieht man der Batterie einen beträchtlichen Theil ihrer Ladung, wenn man sich nicht gar einem furchtbaren Schlage aussetzt.

Darum ist es gut, den Elektrometer nicht auf die Flasche oder die Batterie, sondern auf den Conductor der Elektrisirmaschine zu setzen, mit welchem die Batterie geladen wird. Sobald dies zur erforderlichen Höhe geschehen ist, entfernt man die ganze Batterie von dem Conductor und dem Elektrometer, und hiermit ist jedem Uebelstande vorgebeugt; man kommt nicht in Gefahr sich selbst zu verletzen, und man giebt der geladenen Batterie nicht mehr Gelegenheit, von ihrer Spannung zu verlieren, als ohnedies durch längeres Stehen verloren geht. Weil aber jede Flasche und jede Batterie, auch die bestconstruirte, sich nach und nach von selbst entladet, indem die sie umgebende Luft kein vollkommener Isolator ist, so thut man überhaupt wohl, das Experiment mit der Batterie sofort vorzunehmen, sobald sie die erforderliche Ladung erhalten hat.

Fig. 31.



Soll die Batterie größer sein (mehr als 6 bis 10 Flaschen enthalten), so giebt man gewöhnlich jeder Flasche einen eigenen Knopf und verbindet alle Knöpfe durch hineingesteckte Drähte, wie auf der nebenstehenden Figur zu sehen.

An Stelle der cylindrischen Gläser zu den Verstärkungsflaschen kann man auch Glastafeln nehmen, aber noch mehr bei diesen als bei den Flaschen ist auf die isolirende Kraft des Glases zu sehen. Das belgische Fensterglas ist fast gar nicht brauchbar, das thüringer sehr wenig, das erstere hält die Elektricität nicht eine Minute lang zurück, das andere nicht viel länger; sehr gut ist das böhmische Tafelglas, noch besser

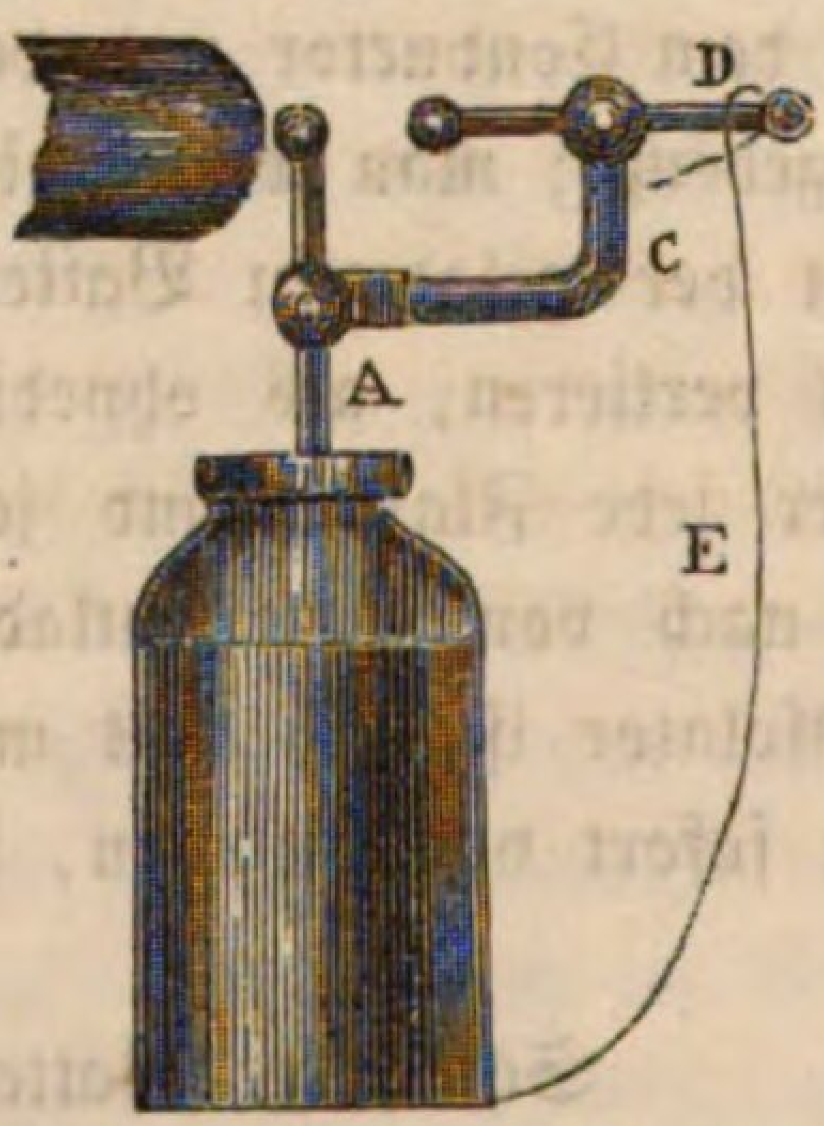
ganz gewöhnliches gelbgrünes, wie es bei uns in Preußen aus dem Sande des alten Meeresgrundes gefertigt wird.

Bei der Belegung verfährt man so wie bei der einer Flasche. Das Auflegen des Staniols in Streifen ist auch hier besser, als in der vollen Breite der Tafel, weil sich Falten und Blasen so am sichersten vermeiden lassen.

Lane's Auslade-Elektrometer.

Um die Stärke der Ladung einer Flasche zu beurtheilen, bedient man sich der Lane'schen Vorrichtung.

Fig. 32.



An dem Draht der Flasche (Fig. 32) ist bei *A* eine hölzerne oder messingene Hülse angebracht, in welcher ein bei *C* gekrümmtes Stückchen Glasstange befestigt ist. Diese Glasstange trägt eine hölzerne Kugel, durch welche ein Draht *D* geschoben werden kann. Dieser Draht steht gerade in der Höhe des Knopfes der Flasche, und die eine der Kugeln, mit denen seine beiden Enden versehen sind, muß bis an den Knopf der Flasche geschoben, aber auch beliebig von ihr entfernt werden können. Von *D* nach dem äußeren Beleg der Flasche geht ein Draht *E*, durch welchen die Ladung der Flasche gehen kann; beim Experimentiren wird er gewöhnlich durch einen Menschen ersetzt.

Das Instrument dient, um stets gleich starke Ladungen einer Flasche zu haben; wir werden seine Anwendung später kennen lernen.

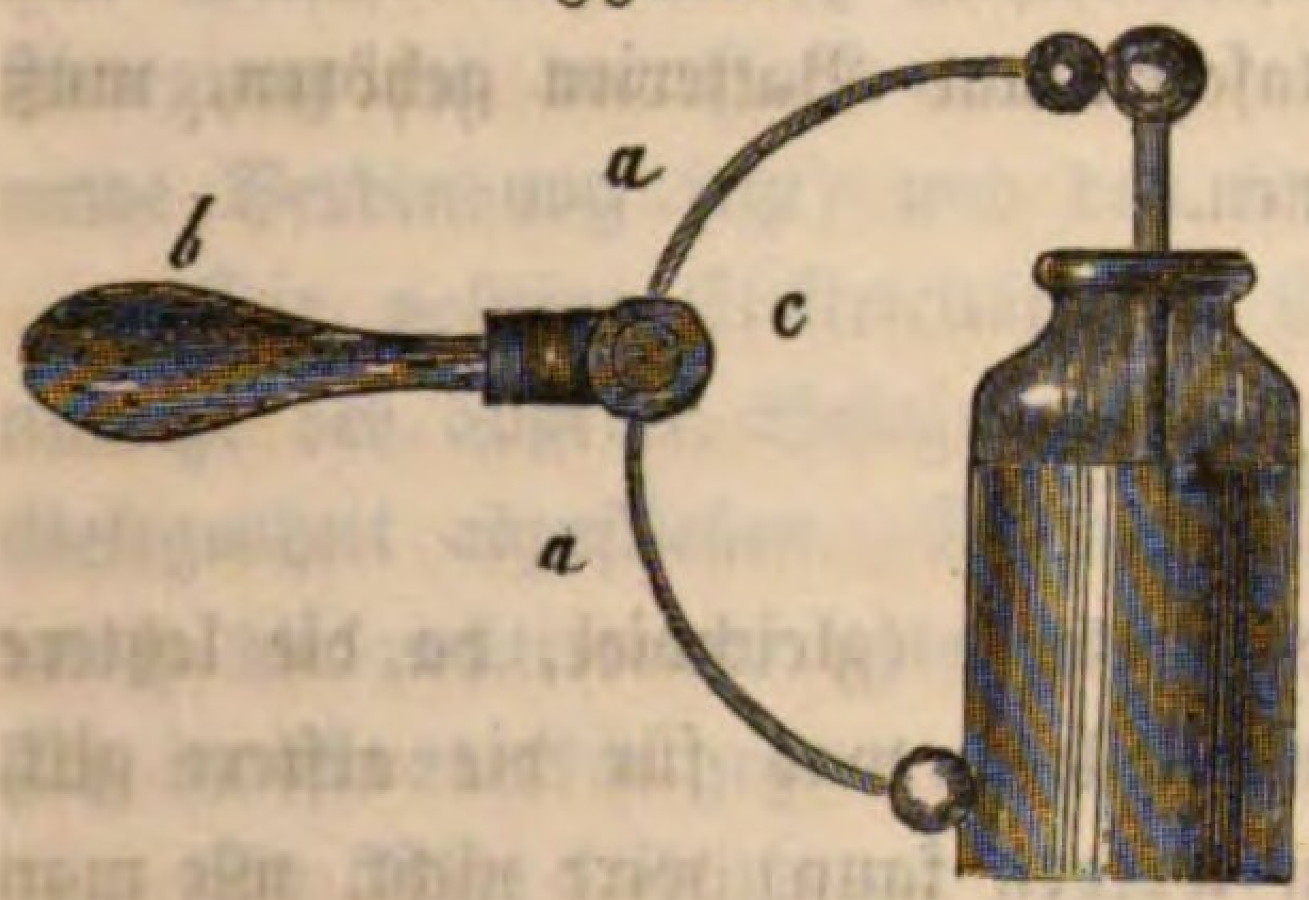
Der Auslader.

Der Auslader ist dasjenige Instrument, mittelst dessen man die Ladung einer Flasche oder einer Batterie ohne Unbequemlichkeit oder Schaden für den Experimentator aufheben kann. Derselbe besteht am einfachsten aus einem Draht von 1 Linie ($\frac{1}{12}$ Zoll) Dicke und 1 Elle Länge, welcher in seiner Mitte zwei- bis dreimal spiralförmig um einen Cylinder von 1 Zoll Durchmesser gewunden ist. Diese Windungen machen, daß man ihn in der Hand durch einen leichten Druck krümmen, also seine beiden Enden einander nach Bedarf nähern kann.

An diesen Enden, welche sehr scharf zugespitzt sind (hiervon später), hat man mittelst eines Schneidezeuges Schrauben geschnitten, und auf diese

setzt man ein paar Messingkugeln von 1 bis 1½ Zoll Durchmesser. Will man eine geladene Flasche oder Batterie entladen, so setzt man den einen Knopf des Ausladers so tief als möglich unten am Fuß der Flasche (Batterie) an, mit dem andern, dem man durch einen Druck der haltenden Hand die nöthige Entfernung zumißt, berührt man den Knopf der Flasche, wobei sich die beiden Elektricitäten der äußeren und inneren Belegung in einen klatschenden Funken vereinigen, ausgleichen und die Flasche oder Batterie nunmehr entladen ist.

Fgi. 33.

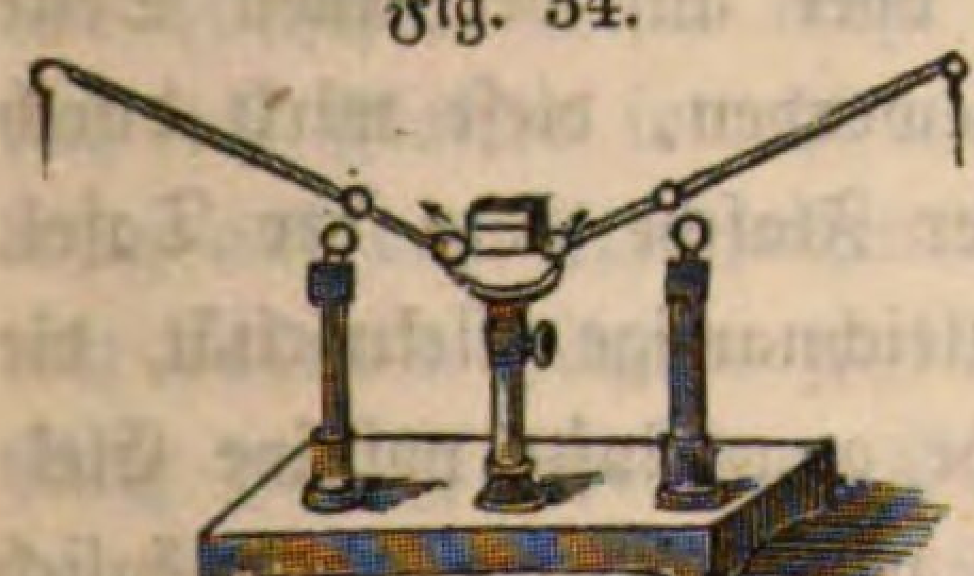


Regelrecht wird der Auslader gefertigt, wenn man an einem gläsernen oder hölzernen Handgriff *dc* von etwa 1 Fuß Länge bei *c* ein Cirkelcharnier anbringt, dessen beide bewegliche Theile die Drähte *a* und *a* tragen, die man nun durch eben jenes Charnier in beliebige Stellung, also hier so richten kann, daß die eine Kugel den Fuß der Flasche, die andere den Knopf derselben berührt. Schon bei der erstgedachten wohlfeilen und sehr practischen Einrichtung ist keine Gefahr vorhanden, falls man den Auslader mit einer Hand faßt, bei dieser fällt sogar der Gedanke an die Möglichkeit einer Gefahr fort.

Der allgemeine Auslader.

Der Henly'sche Auslader ist nicht so einfach, dagegen zu vielen Experimenten fast unentbehrlich.

Fig. 34.



Auf einem viereckigen Fußgestelle sind hölzerne Hülsen eingesetzt, welche zwei Glassäulen tragen. Mitten zwischen beiden ist ein aus Holz hohlgedrechselter Ständer befestigt, welcher oben eine Schraube hat, mittelst deren man ein in dem Ständer bewegliches Tischchen höher und niederer stellen kann.

Auf den Glassäulen befinden sich messingene Fassungen mit einem nach Art der Cirkelköpfe beweglichen Charnier, auf denen Kugeln oder einfache röhrenförmige Hülsen festsitzen. Durch diese letzteren gehen zwei Drähte, welche an den Enden in Haken umgebogen, dagegen nach dem Innern des Instrumentes zugespitzt sind und Schraubenschnitte haben, damit man darauf kleine Kugeln befestigen könne.

Mit dem einen Haken kann man die äußere Belegung der Flasche oder der Batterie verbinden, zwischen die Spitzen oder Kugeln der Drähte kann man auf dem Tischchen dasjenige legen, wodurch der Schlag einer Flasche oder einer Batterie geführt werden soll, den andern Haken des zweiten Drahtes verbindet man hierauf mittelst eines gewöhnlichen Ausladers mit der inneren Belegung der Flasche durch schnelle Annäherung der Kugel des Ausladers an die Kugel oder den Knopf der Flasche.

Mit diesen Instrumenten ausgerüstet, wird man die meisten Experimente machen können, welche eine Elektrisirmaschine zu machen erlaubt. Da hierzu die Erschütterungsversuche mit Flaschen und Batterien gehören, muß man erst die Wirkungsart derselben kennen.

Elektrische Ladung.

Eine Verstärkungsflasche oder eine Batterie (gleichviel, da die letztere nur aus mehreren Flaschen besteht, und Alles, was für die erstere gilt, ganz genau auch auf die letztere bezogen werden kann) wird nicht, wie man früher annahm, dadurch geladen, daß man freie Elektricität in sie hineinfüllt, wodurch sie nunmehr im Innern mehr Elektricität (also + E) und also an der äußeren Oberfläche weniger Elektricität (also — E) als vorher im natürlichen Zustande enthält — diese Franklin'sche Ansicht von der Sache ist als unfähig des Lebens längst begraben — sondern sie wird dadurch geladen, daß die freie positive Elektricität des Conductors der Elektrisirmaschine, an welche man den mit der inneren Belegung der Flasche verbundenen Knopf derselben legt, die negative Elektricität der Flasche an sich zieht, um sich mit ihr zu neutralisiren (zu ± E, d. h. zu 0E zu verbinden).

Hierdurch ist aber im Innern der Flasche oder auf der einen Seite der belegten Glastafel positive Elektricität frei geworden, diese wirkt durch das Glas hindurch auf die andere Belegung der Flasche oder der Tafel, und zwar abstoßend auf die darin vorhandene gleichnamige Elektricität, die ihrerseits zurückwirkt und auch die in der Flasche angehäufte positive Elektricität abstößt, und also ein weiteres Zuführen von Elektricität unmöglich macht. Dieses Alles läßt sich durch Funkenerscheinungen und Elektrometer nachweisen, wenn man die Flasche auf ein Isolirstativ stellt. Nach einem paar der Flasche gegebenen Funken hört die weitere Ladung auf, bis man mit einem Leiter an die äußere Belegung der Flasche kommt. Dann erhält man von dieser auch Funken, und nunmehr ist die Flasche wieder geeignet, Funken von dem Conductor zu empfangen, worauf die äußere Belegung dem dargebotenen Leiter abermals Funken giebt u. s. f.

Dieses Wechselspiel findet gar nicht statt (und die Flasche wird mithin gar nicht geladen), wenn man sie frei an den Conductor hängt und sich wohl hütet, die äußere Belegung derselben zu berühren. Nach zehn- und nach hundertmaligem Umdrehen des Glaskörpers der Maschine würde doch die Flasche gänzlich ohne Ladung sein, wenn die Luft ein vollkommener Isolator wäre; da dies jedoch nur annäherungsweise stattfindet, so ist die Ladung auch keineswegs Null, sondern nur sehr schwach.

Dieses Wechselspiel findet möglichst vollkommen, aber unmerkbar statt (die Flasche wird also geladen), wenn man die Flasche an ihrer äußeren Belegung mit der Hand umfaßt (oder diese Belegung mit der Erde in leitende Verbindung setzt) und den Knopf derselben an den Conductor bringt.

Die positive Elektricität des Conductors nämlich vertreibt die gleichnamige der äußeren Belegung durch das Glas hindurch, die Hand giebt ihr Gelegenheit abzufließen. Die negative Elektricität der äußeren Belegung wird durch die positive der inneren gebunden, und die Hand giebt ihr Gelegenheit, sich im Austausch gegen die positive mit negativer zu versorgen.

So bleibt positive und negative Elektricität in vollkommen gleicher Stärke, gesondert durch das Glas der Flasche oder Tafel, in einer Spannung einander gegenüber, welche man durch Vergrößerung der Oberfläche der Flasche (bis zur Batterie von mehreren hundert Quadratfuß Belegung) sowohl, als durch die Kraft der Maschine und die längere Wirkungsdauer derselben, so sehr steigern kann, daß selbst die Glasschicht durchbrochen, ein Glas zersprengt wird.

Will man die Ladung einer Flasche nicht ferner brauchen, so legt man von dem Auslader, dessen Mitte man in die Hand nimmt, eine Kugel an die Außenseite der Flasche und nähert dann die andere Kugel dem Knopf der Flasche. Man möge dies langsam oder schnell thun, immer entladet sich die Flasche sowohl als die größte Batterie ohne die mindeste Rückwirkung auf den Experimentator; wenn man jedoch den Draht des Ausladers mit beiden Händen zugleich erfaßt, so ist es möglich, daß bei starker Ladung der Flasche oder Batterie und nicht genügender Dicke des Drahtes am Auslader, man eine Erschütterung bekommt.

Mannigfaltige elektrische Experimente.

Alle Experimente, welche man bisher als mit einer geriebenen Glasröhre anzustellen in dem Vorhergehenden beschrieben gefunden haben wird, lassen sich mit der Elektrisirmaschine in viel größerem Maaßstabe wiederholen.

Setzen wir eine Construction der Maschine voraus, wie sie für den Gebrauch eines Cylinders beschrieben, die also zwei Conductoren haben kann, so wird man bei der Drehung der Maschine an beiden Conductoren sofort alle elektrischen Erscheinungen wahrnehmen, als da sind: Anziehung leichter Körper, Abstoßung derselben nach erfolgter Berührung, Anwehen des Gesichtes mit einem Gefühl, als ob Spinnenfäden darüber hinzögen, phosphorischer Geruch, endlich nicht blos kleine, kaum fühlbare Fünkchen, sondern starke, hell leuchtende Funken, nicht selten zackig wie der wirkliche Blitz, drei, sechs, zehn, ja vierundzwanzig Zoll lang, welche prasseln und klatschen wie eine heftig geschwungene Peitsche, und bei der letztgedachten Länge so kräftig wirkend, daß sie den Arm stundenlang lähmen, mit welchem man sie aufgefangen hat.

Auf die Stärke der Maschine kommt es an, wie weit die Wirkung sich erstrecken soll. Ein Kügelchen von Sonnenblumenmark wird von dem Conductor einer mäßigen Maschine schon auf die Entfernung einer Elle angezogen, bei der großen Van Marum'schen in London, geschah dieses noch bei 38 Fuß Abstand vom Conductor.

Die Wirkung beider Conductoren wird auf das Doppelte erhöhet, wenn man denjenigen, mit dem man nicht experimentirt, mit der Erde leitend verbindet; will man möglichst starke positive Elektricität haben, so muß man den Conductor des Reibezeuges mit der Erde verbinden, will man negative Elektricität anwenden, so muß der andere Conductor mit der Erde verbunden sein.

Verbindet man beide Conductoren durch einen Draht mit einander, so hört alle Wirkung auf. Die Elektrisirmaschine knistert vielleicht und speit Feuer und Flammen während des Drehens, allein die positive Elektricität, welche der Conductor empfängt, geht augenblicklich in einem untheilbaren Zeitaugenblick mit der negativen Elektricität des Reibezeuges eine Verbindung ein, welche sie unfühlbar macht, und wie viel negative Elektricität der Conductor des Reibezeuges auch haben sollte vermöge der positiven, die ihm entzogen wird, er hat immerfort vollständigen Ersatz aus dem positiven Conductor.

Wenn die Conductoren isolirt sind, und auf jeden derselben eine Person ihre Hand legt, so entwickelt die in Thätigkeit gesetzte Maschine eine große Menge verschiedener Elektricität; allein keine der beiden Personen fühlt etwas und fühlt um so weniger, je inniger die Berührung ist.

Zieht eine der beiden Personen ihre Hand zurück, in eine solche (größere oder geringere) Entfernung, daß sie noch nicht aus dem Wirkungskreise der Funken des Conductors ist, so wird diese Person Funken bekommen, die andere wird nichts wahrnehmen; ziehen beide ihre Hand etwas zurück, so

bekommen beide Funken, geben sie einander die Hände, so bekommen sie nicht blos Funken, sondern diese sind auch mit einer gelinden (bei großen Maschinen sogar sehr starken) Erschütterung beider Körper verbunden.

Stehen beide Personen auf Isolirstühlen, so werden die so erhaltenen Erschütterungen noch um ein bedeutendes stärker, indem sich von der durch sie hindurch gehenden Elektricität nichts in den Fußboden zerstreuen kann.

Steht eine Person auf dem Isolirstuhl und legt sie ihre Hand auf den Conductor, so ist sie als eine Fortsetzung dieses Conductors anzusehen, derselbe erhält dadurch eine doppelt oder drei-, viermal so große Ausdehnung als er vorher hatte, allein die Funken, welche man jetzt von dem Conductor erhält, sind nicht in dem Verhältniß der Vermehrung der Oberfläche des Conductors größer, als sie vorher bei der einfachen Ausdehnung desselben waren. Dieses hat zwei verschiedene Gründe.

Der menschliche Körper, wenn schon wegen seiner vielen flüssigen Bestandtheile ein Leiter, ist doch ein viel schlechterer Leiter als die Metalle sind, es theilt sich daher die Elektricität aus ihm und durch ihn gehend nicht so schnell mit, als wenn der ganze Conductor von Metall wäre. Es läßt sich dies durch einen Versuch beweisen:

Man bewege die Maschine, um den Conductor zu laden. Wenn die Drehung aufgehört hat (nicht während noch gedreht wird), so berühre man den Conductor. Man wird einen Funken erhalten. Nach einigen Secunden berühre man denselben noch einmal, es wird keine Erscheinung mehr die Anwesenheit freier Elektricität verrathen.

Nunmehr wiederhole man das Experiment, während ein Mensch, der den Conductor berührt, auf dem Isolirstuhl steht. Bei der ersten (momentanen) Berührung erhält man einen Funken, einige Secunden nachher erhält man noch einen kleinern Funken, vielleicht nach einer halben Minute noch ein ganz kleines Fünkchen.

Diese rückständige Elektricität war wegen der schlechteren Leitungsfähigkeit in dem menschlichen Körper geblieben, und sie vertheilt sich wieder, aber mit Zeitverlust in dem ganzen System von Conductoren (metallischer Leiter und menschlicher Körper). Bei einer nochmaligen Entladung kann man dieselbe Erscheinung wahrnehmen und mittelst eines empfindlichen Elektroscopes läßt sich auch nach der dritten Berührung noch eine Spur von Elektricität unzweifelhaft nachweisen, wenn nur die verschiedenen Berührungen wirklich nicht dauernd, sondern augenblicklich gewesen sind. Hat die Berührung einige Secunden gedauert, so findet begreiflich alles Folgende nicht mehr statt, denn die Elektricität hat Zeit gehabt, sich aus dem schlechten Leiter in den guten zu verbreiten und sich ganz zu entladen; bei einem metallischen Leiter bedarf

es keiner Zeit, wenn man nicht gewillt ist, den zehnmillionsten Theil einer Secunde Zeit zu nennen; so viel nämlich bedarf der Funke zu seiner Erscheinung.

Der andere Grund ist, daß die Haare, die Ecken der Bekleidung, die Spitzen der Wolle ꝛc. eine große Menge Elektricität ausströmen, bevor sie in einen Funken vereinigt zur kräftigen Wirkung kommt.

Experimente mit der Anziehung.

Fig. 35.



Die Anziehungserscheinungen betreffend, so lassen sich diese auf vielfältige Weise sichtbar machen. Kleine, 2—3 Zoll hohe Figürchen von Pflanzenmark, mit leichten Seidenstoffen bekleidet, werden von dem Conductor angezogen und scheinen dagegen zu springen, zwischen zweien Metallplatten, deren eine mit dem Conductor, die andere mit dem Erdboden verbunden ist, zu tanzen, wie die eingeschaltete Figur zeigt.

Legt man kleine Kügelchen von dem gedachten Marke auf eine Metallplatte, auf welcher ein oben und unten offener Glascylinder steht, deckt man auf diesen einen Deckel, davon ein Theil (etwa die Handhabe desselben) in das Glas hineinreicht, und elektrisirt man alsdann diesen Deckel, so werden die Kügelchen mit größter Lebhaftigkeit von dem Boden auf gegen den Deckel springen.

Fig. 36.



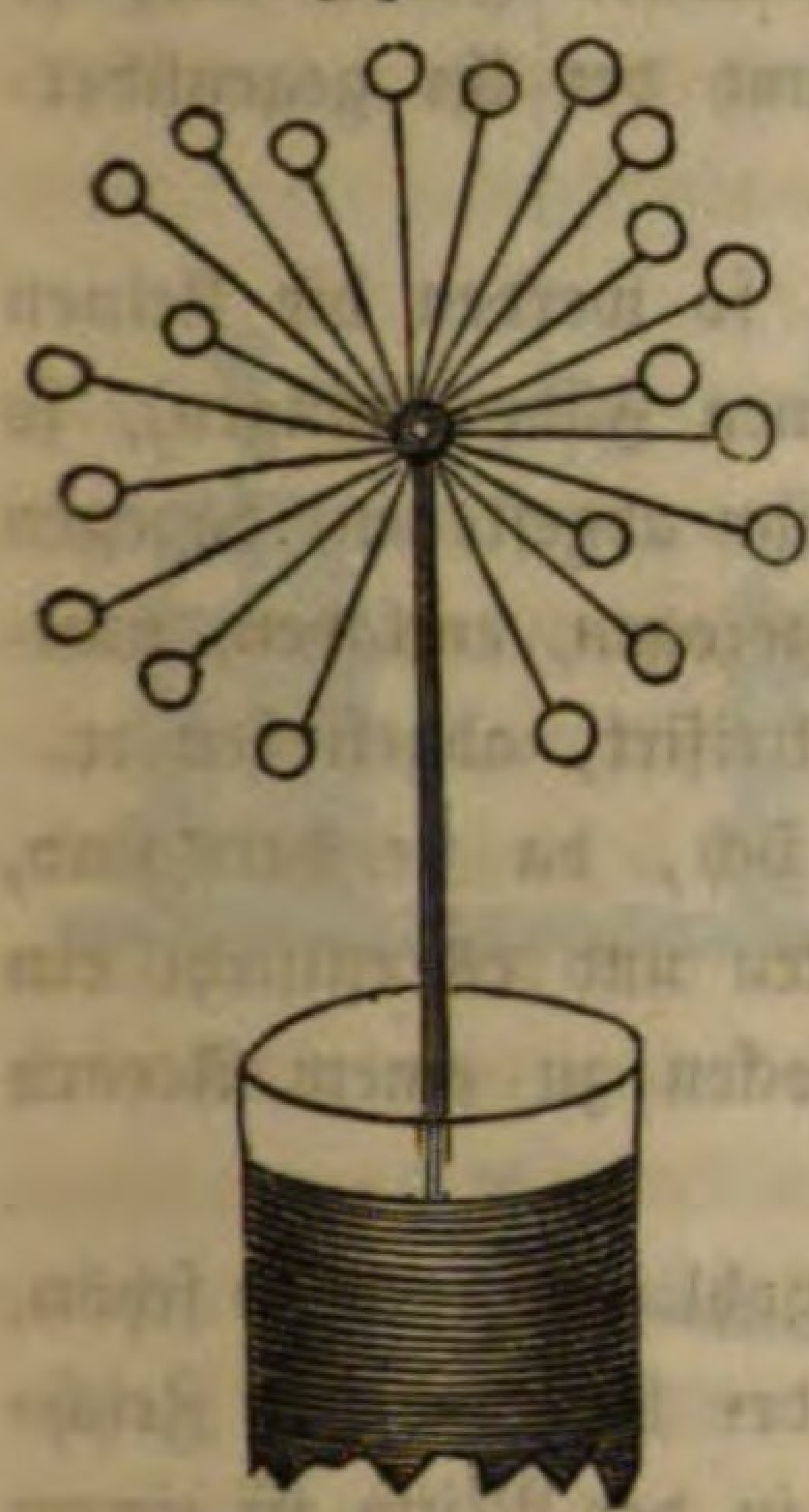
Experimente mit der Abstoßung.

Beispiele der Abstoßung, welche zum Theil schon in den letzten Experimenten liegen, sind sehr häufig zu finden und sehr leicht darzustellen.

Ein Dutzend oder ein paar leichter Kügelchen von Pflanzenmark werden eine jede an einem Faden befestigt. Diese Fäden, parallel neben einander hängend, verschlingt man mit ihren anderen Enden in einen Knoten, den man auf eine Drahtspitze steckt, solchergestalt, daß die Fäden mit den Kügelchen daran drei bis vier Zoll lang an dem Drahte herunterhängen. Sobald

man die Maschine in Bewegung setzt, stoßen sich die Kügelchen alle gleichnamig elektrisirt ab und bilden, wenn die Maschine kräftig ist, eine große Kugel aus lauter Strahlen bestehend.

Fig. 37.



Statt der Fäden, welche sich leicht verschlingen, kann man auch die Spitzen dünner, glatter Grashalme nehmen; da jedoch diese schwerer sind als die Fäden, so muß man auch zur Bewegung der Kügelchen eine stärkere Maschine haben.

Aus fein gesponnenem Glase gebildete Fäden, zusammengelegt, bilden einen Busch, welchen man früherer Zeit als Theil des Damenkopfputzes, unter dem Namen Reiher — Glasreiher — auf Bällen sah. So ein Busch, an die Elektrisirmaschine gehängt, breitet sich beim Elektrisiren sehr schön aus, weil jedes Glasfädchen das andere abstößt. Bei Entziehung von Funken aus dem Conductor fallen die Glasfäden wie die vorhin beschriebenen an Fäden hängenden Kügelchen zusammen, erheben sich aber bei fortgesetztem Elektrisiren sogleich wieder.

Kleine, halbzolllange Stückchen Stroh (Häckſel, jedoch von den feinsten reifen Grashalmen sauber geschnitten) werden auf 8 bis 10 Fäden von 10 Zoll Länge gereihet, die Fäden oben und unten verknüpft, so daß sie nicht auseinander können. Hängt man diesen kleinen Apparat an den Conductor und bewegt man alsdann die Maschine, so sträuben sich die Fäden auseinander und bilden einen hübschen Luftballon.

Es ist leicht einzusehen, wie diese Experimente hundertfältig abgeändert werden können, z. B. bunte Papierstreifchen statt der Fäden genommen geben eine zierliche Blume. Ein Pflöckchen zusammengedrückte Baumwolle auf den Conductor gelegt, bläht sich auf, wenn man die Elektrisirmaschine in Thätigkeit bringt; ein einzelnes Kügelchen von Sonnenblumenmark, auf den Conductor gelegt, springt beim Elektrisiren in die Höhe und entflieht.

Experimente der Anziehung und Abstoßung.

Zu den aus Anziehung und Abstoßung gemischten Versuchen gehört das elektrische Glockenspiel. Um eine auf einem Glasfuße stehende Glocke von Metall, wie man sie in den schwarzwalder Uhren hat, hängt man zwei bis vier andere an Drähten oder Kettchen solchergestalt auf, daß sie mit dem

Erdboden in leitender Verbindung sind. Die Glocken müssen etwa zwei Zoll von der mittleren abstehen.

Zwischen die mittelste und jede der äußeren Glocken hängt man ein Metallkügelchen, etwa einen Rehposten, an einem seidenen Faden auf, so daß jeder der vier Pendel von der mittlern Glocke und der ihr gegenüberstehenden äußeren gleich weit entfernt schwebt.

Elektrisirt man jetzt die isolirte mittlere Glocke, so werden die kleinen Klöppel angezogen; da sie auch isolirt sind (an seidenen Fäden hängen), so behalten sie die mitgetheilte Elektricität und werden nun abgestoßen, dagegen von der äußeren Glocke, der sie zunächst hängen, angezogen, entladen, nunmehr wieder von der mittleren Glocke angezogen, elektrisirt, abgestoßen 2c.

Da dieses Alles schnell geschieht, die Körper sich, da sie hart sind, mit einer gewissen Kraft treffen, so klingen alle Glocken und es entsteht ein lebhaftes Geläute, welches, besonders wenn die Glocken zu einem Accord gestimmt sind, sich recht angenehm macht.

Fig. 38.



Noch einfacher, wiewohl auch nicht so schön, ist die Einrichtung nach der beigegebenen Zeichnung; ein Stück Draht, in der Mitte zu einem Haken gebogen, trägt an beiden Enden Glocken, welche an feinem Draht hängen, in der Mitte dagegen hängt eine dritte Glocke an einem seidenen Faden und aus ihrem Innern reicht ein Metalldraht oder eine Kette bis auf den Tisch. Zwischen je zwei Glocken hängen die kleinen Klöppel gleichfalls an seidenen Fäden, wie die mittelste Glocke. Wird der Apparat an den Conductor der Elektrisirmaschine gehängt und die Maschine in Thätigkeit gesetzt, so werden die beiden äußersten Glocken elektrisch, ziehen die Klöppel an, diese fliehen gegen die mittelste, welche die Elektricität ableitet, und so erneut sich das Spiel, wie oben beschrieben, so lange, als die Elektricitätsquelle in Thätigkeit ist.

Wenn man ein größeres Stück Pflanzenmark rundlich schneidet und dasselbe an einen seidenen Faden hängt, der etwa einen Fuß weit von dem Conductor absteht, so wird beim Drehen der Maschine das Stück Mark gegen den Conductor fliegen, sofort ihn verlassen und gegen die dargebotene Hand eilen; sobald es sich entladen hat, wird es sich wieder mit Lebhaftigkeit gegen den Conductor bewegen und dann wieder gegen die Hand springen u. s. f. Man nennt dies Spielwerk die elektrische Spinne und giebt dem Apparat noch mehr Aehnlichkeit mit einer wirklichen Spinne dadurch,

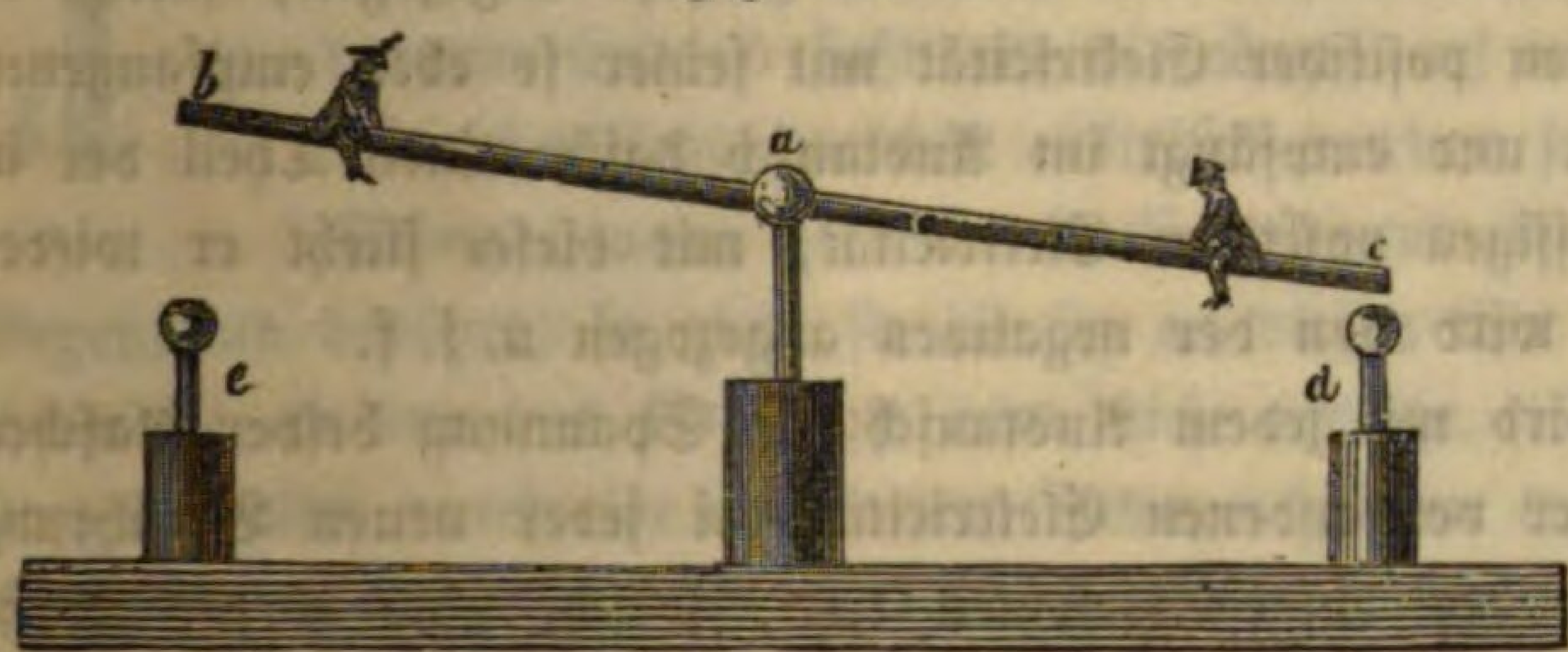
Fig. 39.



daß man das Markstück braun oder schwarz färbt und daran acht Beine von sehr dünn gewalztem Wachs befestigt, die mit Graphit (geschabtem Bleistift) geschwärzt und dadurch höchst leitend gemacht sind.

Hängt man die Spinne zwischen zwei Flaschen, deren eine positiv, die andere negativ geladen ist, so springt die Spinne zwischen den Knöpfen hin und her, bis beide Flaschen entladen sind.

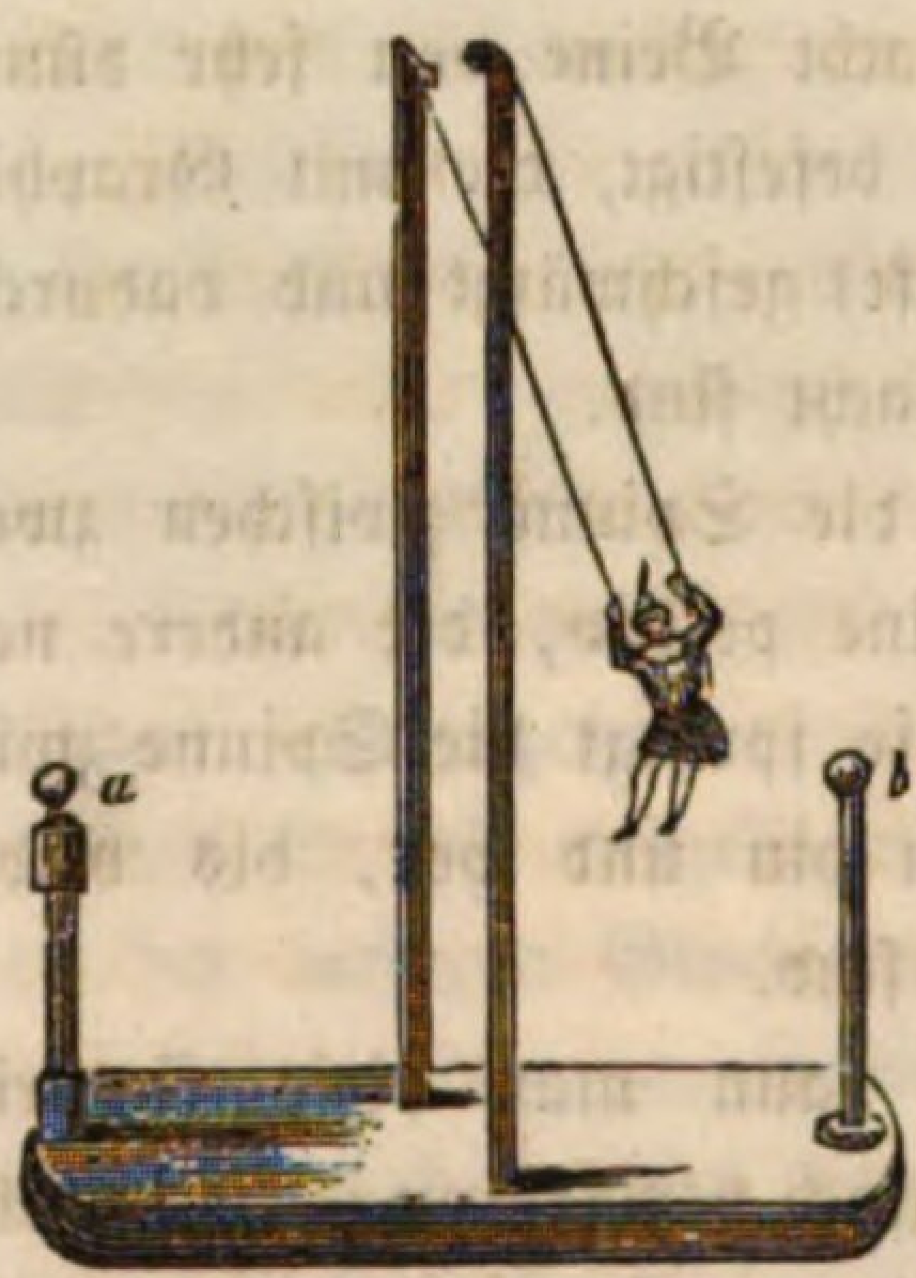
Fig. 40.



Selbstredend kann man diese Experimente sehr mannigfach vermehren. Die elektrische Schaukel in zwei Gestalten gehört hierher; ein leichtes Brettchen *bc*, auf seiner unteren Seite mit Silberpapier oder einem Staniolstreifen beklebt, damit es besser leitend sei, ruht bei *a* auf einer Glasstange, ist jedoch daselbst ganz leicht beweglich. Ein paar Figürchen von Watte, leicht bekleidet, werden darauf befestigt. *d* und *e* sind zwei Verstärkungsflaschen, von denen die eine positiv, die andere negativ geladen ist; sie werden so gestellt, daß ihre Knöpfe gerade unter den Enden des Schaukelbrettchens stehen. Bringt man nun das im Gleichgewicht schwebende Brettchen in schwingende Bewegung, so wird es sofort von derjenigen Flasche angezogen werden, welche seinem sich **neigenden** Ende am nächsten ist (*d* zieht *c* an). Sobald die Berührung statt gefunden, tritt die Abstoßung ein, nun ist aber *bc* mit *d* gleich, d. h. feindlich, **also** mit *e* freundschaftlich geladen, daher tritt zu jener Abstoßung hier eine doppelt lebhafte Anziehung und *b* schlägt heftig auf *e*, sogleich kehrt sich alles um, *b* flieht *e* und wird heftig von *d* angezogen u. s. f., und das dauert, bis beide Flaschen beinahe entladen sind.

Die nachstehende Figur giebt eine noch directere Anwendung des Experimentes mit der elektrischen Spinne. Dieselbe ist hier in ein Männchen verwandelt, welches an zwei Seidenfäden hängt und zwischen *a* und *b*, den isolirenden Säulen, deren Knöpfe mit zwei verschiedenartig geladenen Flaschen verbunden sind, hin und her pendulirt. Es ist gut, wenn die Säulen, an

Fig. 41.



denen die Fäden mit dem Männchen hängen, von Glas sind, doch ist es, falls sie nur weit genug auseinanderstehen, so daß die Figur beim Hindurchfliegen dieselben nicht streichen kann, nicht unbedingt nothwendig, und ein paar Stäbchen von recht trockenem harzigen Holz, allenfalls lackirt, thun dasselbe.

Der Vorgang bei diesem und dem vorher beschriebenen Experiment ist folgender: Es zieht die geladene Flasche (gleichviel welche) den unfern hängenden Körper — Spinne, Schaukel — an und elektrisirt ihn mit einem Theil ihrer überschüssigen, wir wollen annehmen negativen Elektricität; abgestoßen und von der anderen Flasche angezogen, sättigt er einen Theil von deren positiver Elektricität mit seiner so eben empfangenen negativen Elektricität und empfängt im Austausch dafür einen Theil der in der Flasche überschüssigen positiven Elektricität, mit dieser flieht er wieder die positive Flasche, wird von der negativen angezogen u. s. f.

Selbstredend wird mit jedem Austausch die Spannung beider Flaschen geringer, weil zu der vorhandenen Elektricität bei jeder neuen Berührung eine kleine Quantität der entgegengesetzten tritt, welche eine ebenso große Menge der ihr freundschaftlichen freien Elektricität bindet. Auf solche Weise wird nach und nach alle Spannung ausgeglichen.

Elektrisiren von Personen.

Wenn man sich auf den Isolirstuhl stellt und die Elektrisirmaschine, während sie gedreht wird, berührt, so sträubt sich das Haar, falls es nicht stark pomadirt ist, so sehr, daß man einen Borstenkopf bekommt. Bei den Damen ist dies wenig fühlbar, theils wegen des eben angeführten Grundes, theils aber weil ihr Haar gebunden und eingeflochten ist, bei einem Manne aber, der solche Toilettenkünste nicht anwendet, sieht das Experiment, eine starke Maschine vorausgesetzt, ganz eigenthümlich aus.

Entzieht man dem Elektrisirten, während die Elektrisirmaschine ununterbrochen in Thätigkeit bleibt, einige Funken, so senkt sich bei jedem Funken das Haar und sträubt sich nachher wieder, und man kann diese Bewegung an der Kopfhaut ganz deutlich fühlen.

Das Elektrisiren von Personen kann auf sehr verschiedene Weise geschehen. Hierzu bedarf man einiger kleiner Instrumente.

Um die Elektricität nach verschiedenen Orten, zu verschiedenen Dingen hinzuleiten, hat man die Directoren. Director heißt nämlich ein etwa fuß-

Fig. 42.



langer Glasstab ab, mit messingener Fassung an einem Ende a, welche auf ihrem kugelförmig geschlossenen Theil einen Draht c trägt. Der Draht ist spitz zugefeilt und hat etwa ½ Zoll von seinem Ende eine Schraube eingeschnitten. Auf diese wird die Kugel d von ungefähr 1½ Zoll Durchmesser gesetzt.

Solcher Directoren braucht man zwei; jeder hat eine Metallschnur, welche mit engschließender Schleife über den Draht c gestreift ist. Das andere Ende der Schnur befestigt man auf beliebige Weise an dem Conductor.

Da eine Metallschnur so gut elekrisch wird wie der Conductor, so ist sie geeignet die Elektricität desselben zu dirigiren, wohin der Experimentator will, indem er die Glasstange beim unteren Ende b faßt und die Kugel auf den Apparat oder den Menschen legt, welcher elektrisirt werden soll. Da aber solche Schnur, wenn sie nicht straff gespannt ist, leicht einen anderen Gegenstand berührt, so giebt sie häufig an diesen ihre Elektricität ganz oder theilweise ab und das Verlangte wird nicht erreicht. Deshalb schützt man sie gewöhnlich durch eine Röhre von Guttapercha oder von Gummi-Elastikum, welche sie ihrer ganzen Länge nach umgiebt. Diese verhindert die Ausströmung beinahe vollständig, denn wohl gereinigte und compacte Guttapercha (durch die Pressung zu Röhren sehr dicht gemacht) ist ein Isolator beinahe so gut wie Glas und zu vielem brauchbarer als dieses, weil es biegsam ist.

Ein anderes Instrument, welches denselben Namen (Director) führt, besteht aus einer Röhre von sehr starkem Glase, acht bis zehn Zoll lang, durch welche ein Draht geht, an dessen einem Ende Kugeln von verschiedener Größe geschraubt werden können und dessen anderes Ende zu einem Haken krumm gebogen ist.

Soll ein Mensch elektrisirt werden, so setzt man ihn auf den Isolirstuhl, welcher zu diesem Behuf so groß sein muß, daß man einen gewöhnlichen Stuhl darauf stellen kann.

Ist die Schnur des Directors mit dem Conductor verbunden, so faßt man den Glasstab an seinem unteren Ende an und hält den Knopf an irgend einen Theil des Körpers. Der Mensch wird so mit Elektricität erfüllt werden, daß die Haare sich sträuben und daß er Funken sprüht, wo man sich ihm mit einem Leiter nähert, allein so lange man dieses nicht thut, wird er durchaus keine Empfindung davon haben. Man nennt dies das elektrische Bad.

Wenn man die Kugel des Directors dem auf dem Stuhle Sitzenden nur nähert, ohne ihn zu berühren, so erhält derselbe einen ziemlich starken Funken (d. h. abhängig von der Kraft der Maschine), dann einen schwächeren, einen noch schwächeren, und ist der Mensch mit Elektricität bis zu der Spannung erfüllt, welche der Conductor selbst hat, so hört die fernere Mittheilung von Funken auf; dieses würde vollständig geschehen, wenn irgend ein Körper vollständig isolirt werden könnte, da dieses jedoch unmöglich, so findet von dem immer neue Elektricität erhaltenden Conductor auch immer neue Zufuhr gegen den elektrisirten Körper statt, der in jedem Augenblick von der erhaltenen Elektricität an die Luft verliert und der keine Elektrisirmaschine hinter sich hat, welche das Verlorene ersetzt, wie dies bei dem Conductor der Fall ist.

Sollen die Funken zahlreich und in gleicher Stärke den Menschen treffen, so muß die Isolirung aufgehoben werden, oder die Person setzt sich auf einen Stuhl, der auf dem Fußboden steht wie jeder andere. Soll ein Patient aber einen elektrischen Strom in irgend einer Richtung und von einem bestimmten Theile des Körpers nach einem anderen gehend bekommen, so muß er auf dem Isolirstuhl sitzen bleiben, und das Experiment wird auf folgende Weise gemacht:

Gesetzt, es solle ein elektrischer Funkenstrom von der Schulter zum Handgelenk geführt werden, so legt man um das Handgelenk eine leitende Schnur (Metallschnur, Tresse), deren anderes Ende mit dem Reibezeuge der Maschine verbunden ist, dann bringt man die Kugel des Directors, der mit dem Conductor der Elektrisirmaschine verbunden ist, in die Nähe der Schulter. Wird nunmehr Elektricität entwickelt, so springen auf die Schulter Funken über und die kleinen Erschütterungen, welche daraus hervorgehen, setzen die Muskulatur des Armes bis dahin in Bewegung, wo die Schnur von dem Reibezeuge ausgehend angelegt ist. Der übrige Körper wird durchaus nicht bemerkbar erschüttert.

Wenn die Funken sehr kurz gegeben werden, so folgen sie ungemein schnell aufeinander und verursachen, falls man die deshalb dem Körper bis auf eine Linie genäherte Kugel des Directors hin und her führt, ein starkes Brennen und Prickeln. Läßt man die Kugel auf einem Flecke, so daß die sehr kurzen Funken nur eine Stelle wiederholt berühren, so kann man damit eine schmerzhafte Blase ziehen, wie durch eine spanische Fliege.

Das Elektrisiren einer Person kann noch auf mannigfache Weise geschehen. Wir wollen hier nur noch des elektrischen Windes und der Erschütterungen erwähnen.

Elektrischer Wind.

Eine der mildesten Formen der Elektricität ist der elektrische Hauch oder Wind (aura electrica). Dieser wird erzeugt, wenn man von dem Director die Kugel abschraubt und die Spitze des Drahtes gegen die Person richtet. Das Gefühl spricht deutlich dafür, daß man von einem leisen Winde angeblasen wird.

Diese sehr materielle Ansicht kann aber als eine durchaus falsche nicht geduldet werden. Die Elektricität ist nicht ein Körper, sie ist eine Kraft, sie strömt nicht als Materie, sie bringt nur die Materie der Luft zum Strömen.

Aus einem Conductor von gewöhnlicher cylindrischer Form bekommt man starke dicke Funken von einer gewissen Länge (verschieden nach der Stärke der Maschine). Wenn man an das eine Ende des Conductors einen Draht, etwa in der Achse desselben, befestigt und daran eine Kugel von zwei Zoll Durchmesser schraubt, so wird der Funken, den man aus dieser Kugel ziehen kann, beträchtlich länger und zackiger, aber schwächer. Wird die Kugel kleiner, etwa 1 Zoll im Durchmesser, genommen, so sind die Funken noch viel länger, aber auch noch viel schwächer, sie folgen schneller auf einander und man nimmt wahr, daß viele derselben ihr eigentliches Ziel gar nicht erreichen, sondern in die Luft hineingehen, ohne einen anderen Gegenstand als diese zu finden.

Wenn man die Kugel noch kleiner macht (½ Zoll), so hören die großen Funken gänzlich auf, sie erreichen den dargebotenen Gegenstand, auf welchen sie schlagen sollen, nicht mehr wie früher bei sechs oder auch nur bei vier Zoll, sondern höchstens noch bei einem Zoll Entfernung. Allein unsichtbare Fünkchen strömen in großer Menge von der Kugel aus in die Luft unter einem puffenden, schwer zu beschreibenden Geräusch, wobei man schon sehr deutlich etwas wie Lufthauch oder Wind und auch den starken Elektricitätsgeruch wahrnimmt, und läßt man endlich die Kugel ganz fort, so geht von der Spitze ein fühlbarer, je nach der Stärke der Maschine weiter oder minder weit dringender Wind aus, von einem aus der Spitze kommenden singenden Geräusch (wie das von den Flügeln der Mücke) begleitet.

Die hier beschriebenen Abstufungen, von der Verkleinerung der Kugel abhängend, geben uns den Schlüssel zu der räthselhaften Erscheinung des elektrischen Windes. Die Luft selbst wird nämlich Anfangs durch Funken, dann durch Fünkchen elektrisirt, und da sie ein Körper ist wie alle anderen, so unterliegt sie auch wie diese denselben Gesetzen; gleichnamig elektrisirte

Körper stoßen einander ab; so die Lufttheilchen. Da jedoch die elastische Luft an die Stelle der elektrisirten Theilchen stets neue schickt, so können diese immer wieder elektrisirt werden, und es entsteht so ein wirklicher Strom, den wir fühlen und der sogar mechanische Wirkung hat, aber diese nicht als Elektricität, sondern als bewegte Luft, als Wind.

Da aber jedes Lufttheilchen mit Elektricität beladen ist, so giebt es, wie jeder andere Körper, diese Elektricität an den nächsten leitenden Körper ab, mit welchem es in Berührung kommt, und auf solche Weise kann man durch den elektrischen Wind einen isolirt aufgestellten Gegenstand, also auch einen Menschen auf einem Isolirstuhl sitzend, so elektrisiren, wirklich mit Elektricität erfüllen, daß er Funken giebt, als wäre er mit der Elektrisirmaschine in unmittelbarer Berührung.

Wenn dieses letztere der Fall ist und man nähert dann dem Menschen mit der Hand eine Nadel, so fühlt er ebenso einen Wind, als ob ihn die elektrische Luft anwehe, sie geht jedoch von ihm hinweg; die der Nadel nächst gelegenen Theile entladen sich an ihr der sie beladenden Elektricität, sie werden von anderen, welche noch Elektricität haben, verdrängt, ihnen folgen immer neue, und weil dieses aus der unmittelbaren Nähe der elektrisirten Person geschieht, nicht elektrische Luft sich aber zum Ersatz der entweichenden herandrängt, so giebt auch dies das Gefühl des Windes.

Man pflegt zu sagen, das sei negativ elektrisirt, ebenso wenn man dem mit dem positiven Conductor der Maschine verbundenen Patienten Funken entlockt, nennen viele Leute das „negativ Elektrisiren"; dies ist es jedoch ebenso wenig, als wenn man dem Conductor direct Funken entlockt, dieser dadurch negativ elektrisirt wird; der auf einem Isolirstuhl sitzende, mit dem Conductor leitend verbundene Patient ist aber weiter nichts als eine Fortsetzung, eine Vergrößerung des Conductors, ihm Funken entlocken bedeutet also nichts weiter als ihm einen Theil der vorher mitgetheilten Elektricität wieder entziehen, keinesweges ihn negativ elektrisiren.

Will man dies bewerkstelligen, so muß man die positive Elektricität hinwegleiten und dem zu Elektrisirenden Funken oder Windströmungen aus dem negativen Conductor (aus dem des Reibezeuges) geben, oder ihn mit demselben verbinden und ihm alsdann Funken entziehen.

Ein bemerkbarer Unterschied für das Gefühl oder die Wirkung auf den menschlichen Körper hat sich noch nicht ergeben. In früheren Zeiten, am Ende des vorigen Jahrhunderts, hat man wahrzunehmen geglaubt, daß zartnervige Personen weiblichen Geschlechts das Elektrisiren mit positiver Elektricität ganz gut ertragen, von negativer Elektricität aber sehr unangenehm, schmerzhaft berührt werden, Krämpfe bekommen, in Ohnmacht sinken; dies hat sich

jedoch nicht bestätigt und scheint elektrischer Wind gewesen zu sein, der vom Halbgelehrten den Laien sehr oft geflissentlich vorgemacht worden ist.

Experimente mit dem elektrischen Wind.

Das elektrische Mühlrad.

Von den mechanischen Wirkungen, welche der Lufthauch hat, der durch ausströmende Elektricität erzeugt wird, giebt das Mühlrad ein sehr schönes Beispiel.

Man versehe einen guten, cylindrisch geschnittenen Kork (Pfropfen) mit einer durch seine beiden kreisförmigen Seiten gesteckten Axe, — ein Stück Stricknadel dürfte sich hierzu am besten eignen. An der Cylinderfläche befestige man 12 bis 16 Holzstückchen von gleicher Länge und Dicke, etwa Schwefelhölzchen, die zugespitzt sind und in gleichen Abständen in den Kork gesteckt werden.

Der Stern, welcher auf solche Weise entsteht, dient um gleich große Blättchen Kartenpapier, etwa von 1 Quadratzoll Fläche an den Strahlen zu befestigen, welches sehr leicht zu bewerkstelligen ist, wenn man jedes Schwefelhölzchen mit einem scharfen Messer ¼ Zoll weit spaltet und die Kartenblättchen in dem Spalte einklemmt. Es ist hierbei nichts weiter zu erinnern, als daß man jeden Arm etwa durch angeklebte Wachskügelchen so ausgleiche, daß das Rädchen (welches wie ein unterschlächtiges Mühlrad aussieht) nirgends eine vorwaltende Schwere hat, also überall im Gleichgewicht steht.

Die Axen stützt man auf irgend eine Weise, so daß sich das Rädchen leicht drehen kann.

Wenn man nach dieser Veranstaltung aus einer Spitze die Elektricität in die Luft gehen läßt, und diese abgestoßen den elektrischen Wind hervorbringt, so wird die auf das Rad geleitete Strömung derselben dieses in raschen Umschwung setzen, gerade wie man es könnte, wenn man mit dem Munde dagegen bliese.

Um das kleine Spielwerk recht täuschend zu machen, klebt man drei Glasstreifen von etwas mehr als 1 Zoll Breite durch schmale Papierstreifen zusammen, so daß sie eine Rinne bilden. Dieselbe muß auf Glasstützen stehen und in ihrer Mitte muß ein Draht, der in eine nicht gerade sehr scharfe Spitze endet, auf der andern Seite aber einen Haken hat, befestigt sein. Stellt man nunmehr das Rad, so daß einige seiner Schaufeln in die Glasrinne hineinragen, ohne dieselbe irgendwo zu berühren, und verbindet man den Haken des Drahtes mittelst einer leitenden Schnur mit dem Con-

ductor der Elektrisirmaschine, so strömt die elektrisirte Luft in die Glasrinne fort, stößt mit noch mehr Heftigkeit auf die Papierblättchen des Rades und setzt dieses noch lebhafter in Bewegung.

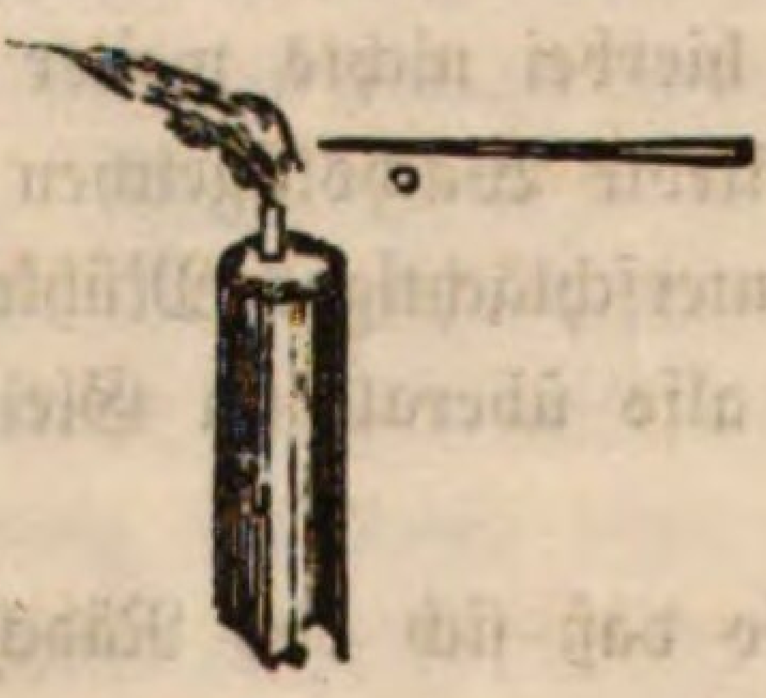
Es findet hier unleugbar eine mechanische Wirkung statt, allein es ist nicht die Elektricität, welche dieses thut, sondern es sind, wie bereits bemerkt, die sich abstoßenden Theilchen der elektrisirten Luft.

Elektrisches Lichtblasen.

Von solcher abgestumpften Spitze (sie darf nicht schärfer sein als das Oehr einer starken Nähnadel, mit der Spitze derselben mißlingt das Experiment) strömt die elektrisirte Luft in solcher Menge, daß die Unkundigen nach einer Oeffnung darin suchen, aus der die Elektricität gepreßt geblasen wird, wie aus der Spitze eines Löthrohrs, und sich diesen Glauben auch nicht wollen nehmen lassen, wenn sie das beschriebene oder gar ein ähnliches wie z. B. das nachfolgende Experiment sehen.

Wenn man in den Strom elektrisirter Luft eine Lichtflamme bringt, und der Docht derselben ist kurz und frisch abgeschnitten, so wird die Flamme nicht nur, wie die Fig. 43 zeigt, umgebogen, weggeweht, sondern der Luftstrom bläst dieselbe geradezu aus.

Fig. 43.



Spitzenlicht.

Läßt man die Elektricität in die Luft strömen, so hört, sieht, schmeckt und riecht man sie. Dem Ohre giebt sie sich durch einen singenden Ton kund, sie erregt einen phosphorischen Geschmack, der Geruch gleicht dem Phosphor und dem Schwefel und im Dunkeln sieht man die Elektricität sich als Lichtbüschel, kometenschweifartig von der Spitze aus verbreiten. Steht die Spitze auf dem negativen Conductor, so sind die Erscheinungen fast ganz dieselben, nur zeigt sich im Dunkeln kein Lichtbüschel, sondern ein lebhaft leuchtender Punkt, woraus Franklin die Richtigkeit seiner Ansicht beweisen wollte, indem er sagte, die überflüssig vorhandene, die + E strömt sichtbar aus der Spitze, strömt materiell von derselben herab. Wird die Spitze dagegen — E gemacht, so strömt sie nichts aus, sondern sie empfängt aus der Luft die dort vorhandene + E, welche sich auf die Spitze zudrängt und wegen der Schwierigkeit des Eindringens als Sternchen zum Leuchten kommt.

Die Ansicht ist bekanntlich als längst beseitigt zu betrachten, wiewohl

Fig. 44.



die Erscheinung ungefähr wie die beigegebene Figur sie zeigt, thatsächlich feststeht, nur sagen wir nicht mehr wie Franklin, sondern wir sagen: das Spitzenlicht der positiven Elektricität erscheint büschelförmig, das der negativen sternförmig, wir betrachten das Phänomen und geben die Erklärung auf.

Das elektrische Flugrad.

Ganz ähnlicher Art, nur rückwirkend, ist die Bewegung des Flugrades. Aus einem Stücke Messingblech schneidet man einen, wie ein lateinisches S gekrümmten Streifen, oder man biegt einen Draht in diese Form. Die beiden Enden des S werden spitz gefeilt, in der Mitte desselben aber wird durch einen Stahlkern ein Loch getieft oder es wird ein solches durch einen konischen Bohrer gebohrt, nur nicht ganz hindurch, denn das S muß auf einer Nadel, die man senkrecht hinstellt, horizontal schweben, wozu eben die Vertiefung dient, welche ihren Zweck verfehlen würde, wenn man sie als Oeffnung durch und durch gehen ließe. Die Nadel, auf welcher das S schwebt, muß auf einem Glasstab stehen. Denkt man sich zu Fig. 41 unten einen Fuß und oben die Kugel hinweggenommen, so hat man ein Stativ wie es hierzu gehört.

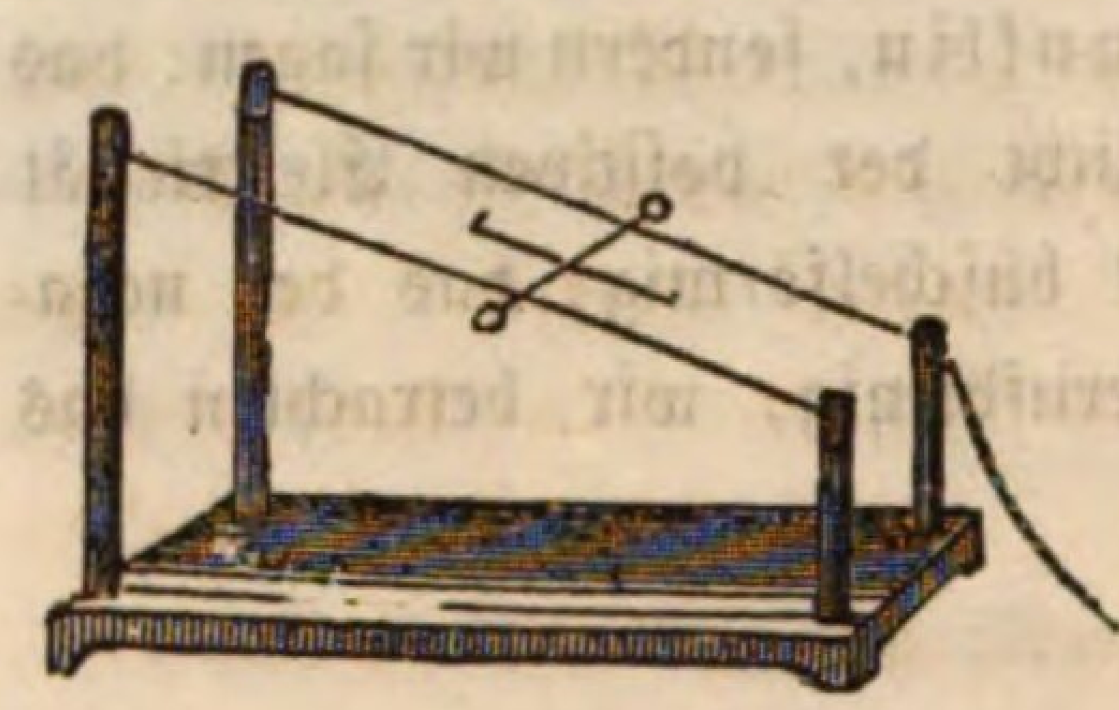
Liegt das S horizontal auf der Nadel und verbindet man diese leitend mit dem Conductor, so wird sich alsbald das S drehen und zwar rückwärts, nicht die Spitzen voranschiebend, sondern gewissermaßen zurückziehend, dergestalt, daß der gekrümmte Rücken des S die Luft durchschneidet.

Es ist dieses eine Erscheinung der Abstoßung durch die rückwirkende Kraft der elektrisirten Luft, welche sich dabei wie eine elastische Feder auf das S stützt, aus welchem die Elektricität an die Luft gelangt. Da dieses S aber nicht feststeht, sondern nachgiebt, während es doch immer wieder der ihm zunächst befindlichen Luft Elektricität mittheilt, und zwar von den Spitzen aus am meisten, so wird es gedreht und mit stets wachsender Geschwindigkeit um seinen einzigen Stützpunkt, die Nadel, geführt.

Wenn man dem S eine durchgehende Axe giebt, um welche es sich drehen kann, und diese Axe wie die des vorhin beschriebenen Papierrädchens unterstützt, so dreht sich das Flugrad senkrecht um seine horizontal liegende Axe; dabei ist jedoch zu bemerken, daß die Säulen, auf denen es ruht, von Glas sein müssen, was bei dem Papierrädchen nicht nöthig war.

Wenn man auf einem Brette diese Glasstangen so aufrichtet, daß sie die Ecken eines lang gestreckten Parallelogramms bilden, zwei derselben aber etwas höher sind als die anderen, wie die Fig. 45 zeigt, von einer jeden der niederen Säulen aber nach einer der höheren einen dünnen Draht zieht, so daß beide zusammen eine schräge Ebene bilden, so kann man das Experiment dahin abändern, daß durch die Elektricität das Flugrad bergan läuft. Man legt das S mit seiner Axe auf das untere Ende der beiden Drähte solchergestalt, daß der oben schwebende Theil des S nach den niedrigeren Säulen sieht. Beim Elektrisiren eines Drahtes (wodurch vermöge der metallischen Verbindung durch das Flugrad natürlich auch dieses und der andere Draht elektrisch wird) dreht sich sofort das auf der schrägen Ebene schwebende S und zwar aufwärts, die schräge Ebene hinanlaufend.

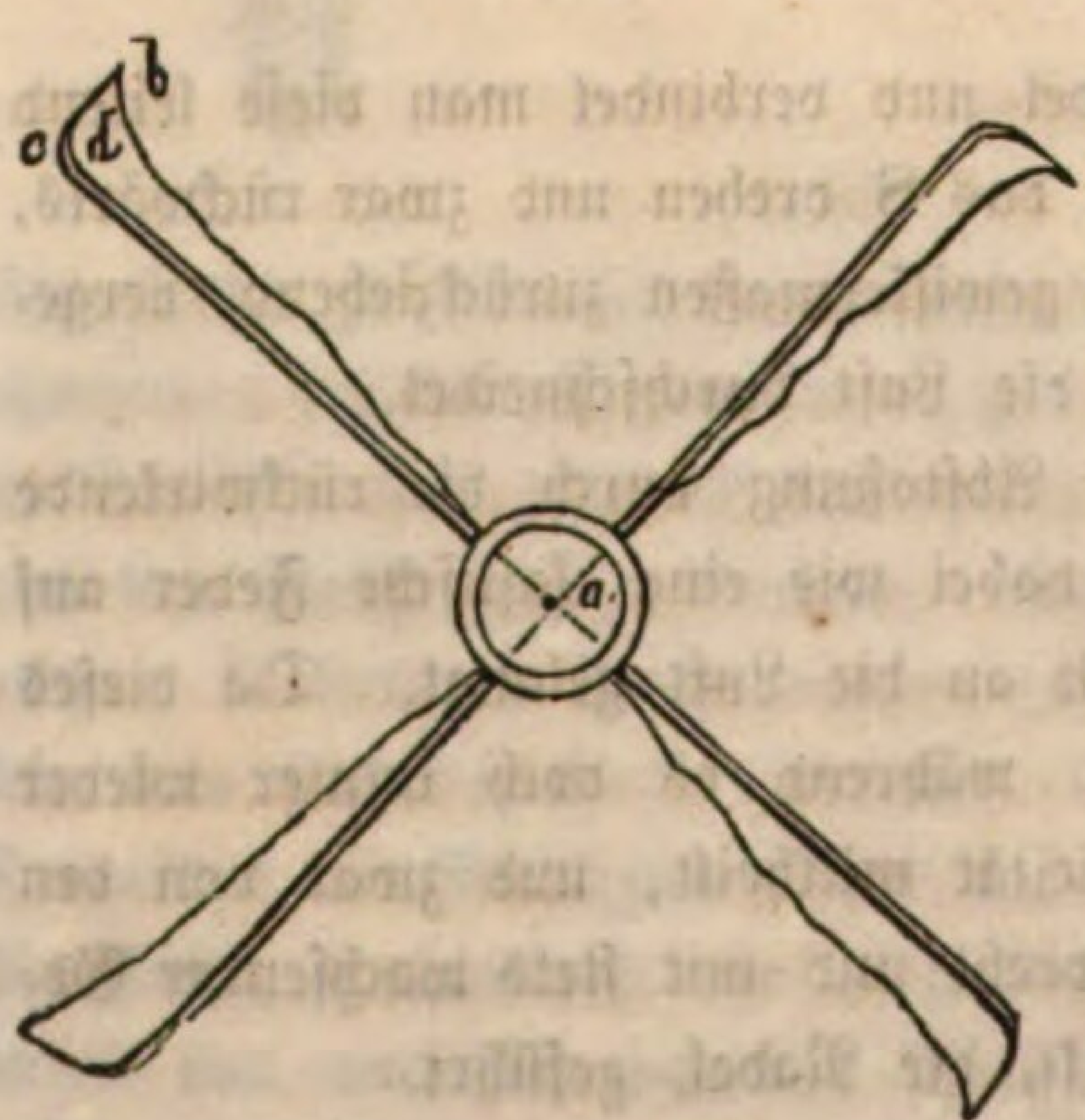
Fig. 45.



Die elektrische Windmühle.

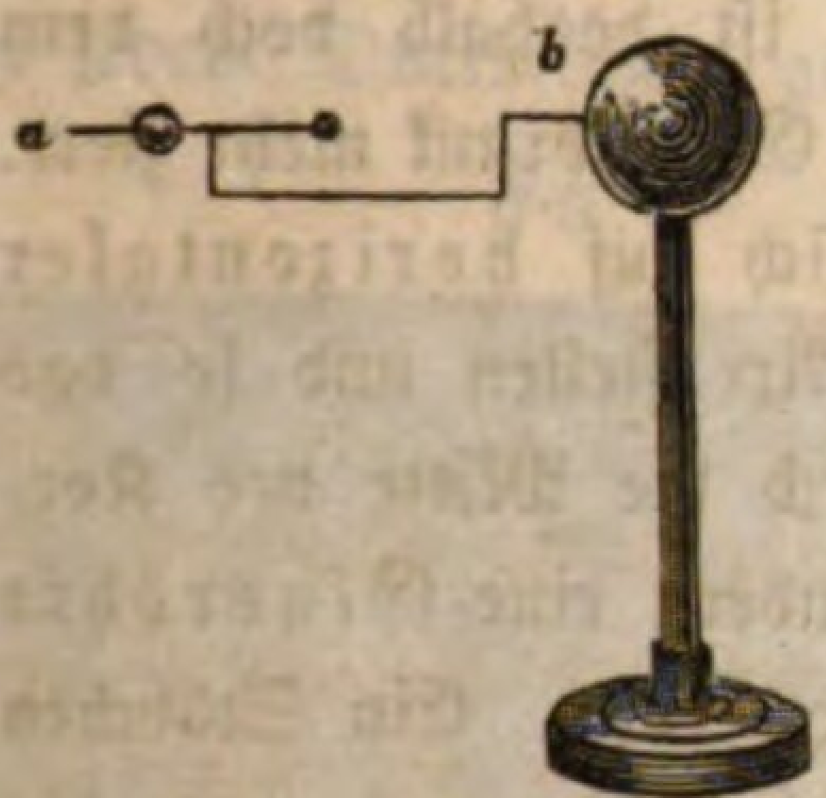
Daß sich dieser Versuch mannigfaltig abändern ließe, versteht sich von selbst, dahin gehört z. B. die elektrische Windmühle. Durch die Mittellinie eines Korkpfropfens, d. h. durch seine Axe, steckt man einen Draht, der als Axe für die Windmühlenflügel dienen soll; in den Umkreis des Korkes befestigt man 4 Drähte von 4 — 5 Zoll Länge, welche spitz gefeilt und deren Spitzen alle nach einer Richtung umgebogen sind, wie solches die Fig. 46 zeigt, wo *a* den Kork mit der Achse vorstellt, in welchem die Drähte *a b c* bei *b c* gebogen stecken. *d* ist ein Flügel von Seidenzeug oder Papier um den Draht geklebt, doch nicht so viel nach *c* vorgreifend, daß er die Spitze bedeckt.

Fig. 46.



Das elektrische Planetarium.

Fig. 47.



Noch eine interessante Abänderung dieses Versuches läßt sich in dem elektrischen Tellurium geben (Fig. 47). Die Kugel *b*, von dünnem Messingblech getrieben, hat unten eine Oeffnung, so weit, daß ein Stück Stricknadel bequem darin beweglich ist. Dasselbe ist auf einer Glassäule befestigt und zwar so, daß ihr frei über die Fassung hinausragendes Stück nicht beträchtlich länger ist als der Durchmesser der Kugel, die polirte abgerundete Spitze daher gerade bis an die innere Wand der Kugel, gegenüber der Oeffnung reicht und die Kugel sich auf dieser polirten Spitze leicht drehen kann.

Einen Messingdraht von etwa 7 Zoll Länge krümmt man so, daß er die Form |______|‾‾‾‾‾‾ hat. Das gerade Ende wird, wie die Fig. 47 zeigt, in die große Kugel eingeschraubt, das kurze, aufrecht stehende Ende wird spitz gefeilt und geschliffen, so daß es keinen Grat hat. In die erste Ecke unter der kurzen Spitze befestigt man unter einem rechten Winkel gegen die beiden Theile der Biegung des gekrümmten Drahtes eine ziemlich massive Stecknadel. Elektrisirt man diesen Appgrat, so wird er sich begreiflicherweise drehen wie das vorhin angeführte S und man hätte dabei nichts Neues. Auf die Spitze des gekrümmten Drahtes aber legt man noch einen Draht, der, wie die Figur zeigt, zwei verschiedene Kugeln trägt (von Pflanzenmark), welche Erde und Mond vorstellen. Im Schwerpunkt dieses Drahtes mit den beiden Kugeln hat derselbe eine Vertiefung, so daß er auf der Spitze des erst gedachten Drahtes beweglich schwebt.

Elektrisirt man nun den Apparat, so wird derselbe sich drehen und die beiden Kugeln mit sich nehmen, um die mittelste Kugel (die Sonne) führen. Der Draht mit den beiden Kugeln ist aber an seinem Ende, wo er aus einer der Kugeln hervorragt, seitwärts umgebogen, und so dreht auch er sich auf seiner Spitze, und es findet eine doppelte Bewegung, von Erde und Mond um die Sonne und von Erde und Mond um sich selbst statt, welches ein ziemlich anschauliches Bild des Vorganges im Großen giebt; doch möge ja Niemand glauben, daß in dieser Spielerei eine Nachbildung desselben und der Kräfte die ihn bewirken, zu sehen sei. Die wirklichen bewegenden Kräfte sind Anziehung und Abstoßung, die Centralkräfte, die allgemeine Gravitation.

Natürlich können von einem Mechanikus diese Apparate sehr viel ele-

ganter gemacht werden, alles wird aus Messing gedreht und gefeilt, geschliffen und gefirnißt, kostet viel mehr Geld und muß deshalb viel besser sein als das selbst für wenige Groschen hergestellte, allein dieses Letztere thut nicht selten das Verlangte bei weitem sicherer und ist deshalb doch dem theuren Apparate vorzuziehen, wenn dieser schon den Glasschrank mehr ziert.

Sowie die Flügel der elektrischen Windmühle sich auf horizontaler Axe drehen, so kann man sie auch auf vertikale Axe stellen und so das elektrische Carousfel bilden. Zu diesem läßt man durch die Mitte des Korkes, der die vier Flügel trägt, nicht einen Draht, sondern eine Glasröhre gehen, welche oben zugeschmolzen ist wie ein Barometerrohr. Ein Stäbchen von Holz, dünn und spitz geschnitten, so daß es in die Röhre geht und bis an die zugeschmolzene Stelle reicht, dient als senkrecht stehende Axe, auf welcher das Drahtkreuz sich drehen kann. Das Stäbchen ist auf einem kleinen Brette befestigt, welches zur besseren Isolirung Füßchen aus Siegellackstücken hat, die Röhre aber, welche eigentlich — wenigstens nach außen hin — keinesweges isoliren soll, ist von oben, wo ihr durch eine aufgesetzte Spitze die Elektricität zugeführt wird, mit den Drähten des Kreuzes durch eine Umkleidung von Silber- oder Goldpapier versehen, welche zugleich die Leitung der Elektricität gestattet und die Zerbrechlichkeit der Röhre verringert. Auf die vier Drähte werden nun leichte hölzerne Figürchen von Reitern gesetzt und diese drehen sich mit dem ganzen System, sobald durch Bewegung der Elektrisirmaschine der auffaugenden Spitze die nöthige Menge Elektricität zugeführt wird.

Experimente mit Lichterscheinung.

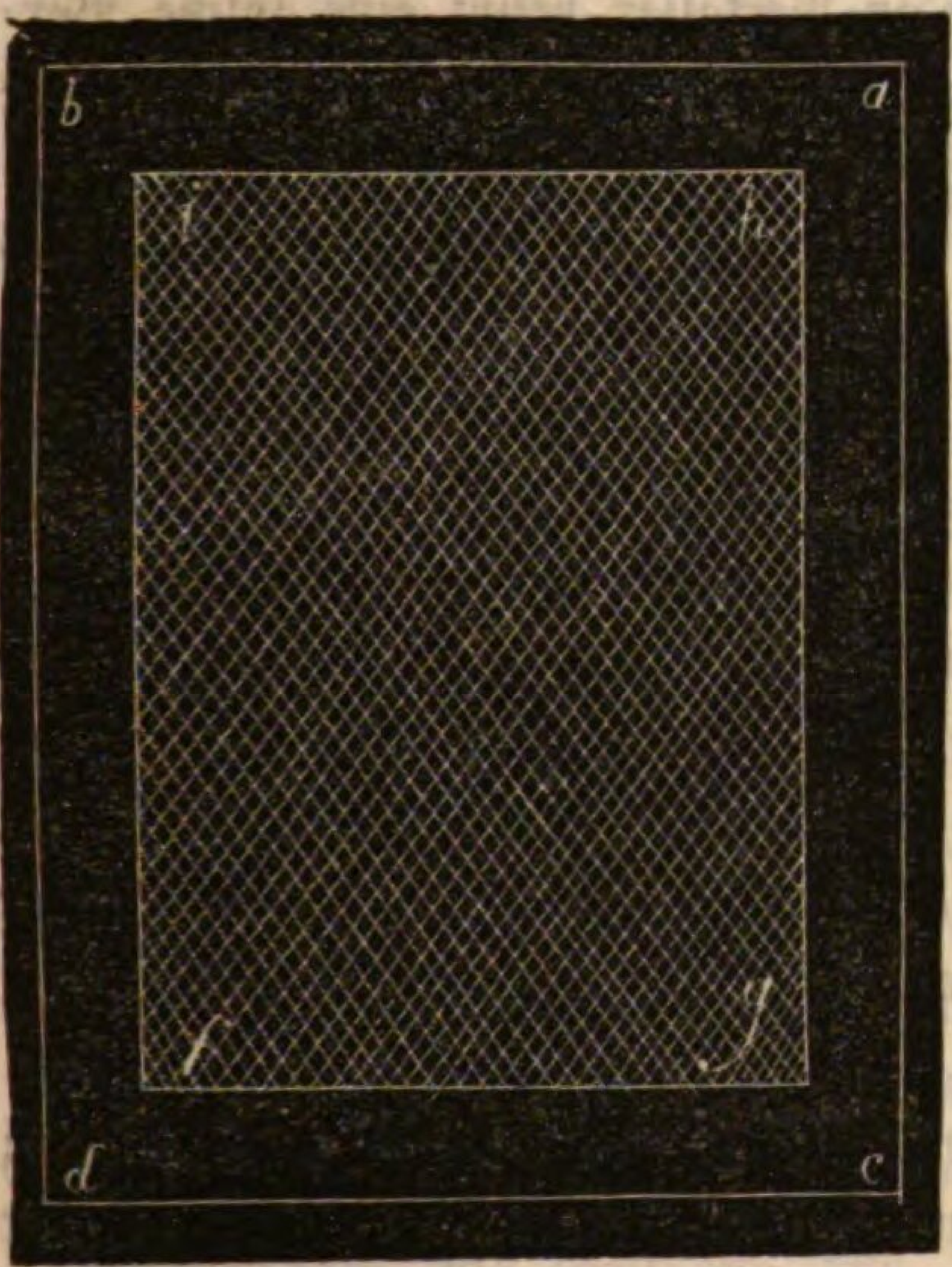
Die Blitztafel.

Der einfache Funke von einer guten Elektrisirmaschine gestattet eine Theilung in sehr viele kleinere Funken, sowohl der Zeit als dem Raume nach, dergestalt, daß man aus der Elektricität eines Funkens, welcher durch die Kraft hervorgebracht werden würde, die eine Maschine bei einer Umdrehung giebt, funfzig, hundert und mehr in derselben Zeit auf einander folgende kleine Funken machen kann, oder daß man ebensoviel und mehr Funken gleichzeitig nebeneinander zu erzeugen vermag.

Das erstere geschieht, wenn man den ableitenden Gegenstand näher und näher an den Conductor bringt, da man immer kürzere und immer schneller auf einander folgende Funken erhalten wird, bis dieselben zuletzt als ein zusammenhängender Feuerstrom erscheinen; das andere geschieht, wenn man einen dünnen Metallstreifen auf einem Nichtleiter befestigt (einen Sta-

niolstreifen auf einer Glastafel), diesen Streifen sehr oft quer durchschneidet und alsdann einen Funken auf das eine Ende des Streifens schlagen läßt, indessen man das andere Ende desselben ableitend berührt. Der Funke wird bei jedem Durchschnitt als ein Sternchen und bei allen gleichzeitig sichtbar.

Fig. 48.



Die Franklin'sche oder Blitztafel wird folgenderweise gemacht: *abcd* ist eine möglichst große Tafel von ganz ordinairem grünem Glase. *fghi* ist eine Belegung derselben mit Staniol oder mit unechtem Gold- oder Silberschaum. Die Belegung durch das letztere ist leichter bewerkstelligt; man überstreicht die Tafel mit einem schnell trocknenden Firniß (Dammarfirniß) und wenn derselbe nur eben noch klebrig ist, legt man ein Blatt geschlagenes Metall neben das andere, welches bei gelindem Druck sogleich daran haftet. Am folgenden Tage wiederholt man das Verfahren, und noch einen Tag später durchfurcht man mit einer scharf geschliffenen Gabel die Belegung, so wie die Kreuzstriche auf *fghi* dieses zeigen. Die Striche, welche die Zinken der Gabel gemacht haben, sind frei von Metall, trennen also den Zusammenhang der Platte beim ersten Liniiren in lauter schmale Streifen (höchstens $^1/_6$ Zoll breit), beim zweiten Liniiren über Kreuz in lauter kleine Rauten. Mit einer weichen Bürste werden die losgeschälten Goldblattflitterchen fortgeschafft und alsdann ist die Tafel zum Experiment fertig, höchstens braucht man noch etwa bei *b* eine hölzerne Klemme, dünn geschnitten, so daß sie zwar auf dem Glase haftet, aber dieses nicht zerbrechen kann, aufzusetzen. Man überzieht diese ganz mit Staniol und bringt an ihrem äußersten Ende eine Metallkugel an.

Wenn man die Tafel so unterstützt, daß sie auf ihrem unteren Rande steht und doch nicht umfallen kann, eine Stelle derselben z. B. *g* ableitend berührt und eine andere möglichst entgegengesetzte Stelle, etwa *b*, dem Conductor einer bewegten Elektrisirmaschine so nähert, daß ein Funke darauf schlägt, so sieht man diesen, ursprünglich vielleicht 3 Zoll lang durch die ganze 2—2½ Fuß lange Tafel schlagen und einen Blitz bilden, der mit seinen Verzweigungen auf das Täuschendste einem wirklichen Blitze ähnlich ist.

So oft ein Funke die Tafel oder die Kugel auf der Holzklemme trifft, wiederholt sich dies und die Richtung des Blitzes hat man dadurch in seiner Gewalt, daß man die untere Berührungsstelle wechselt.

Das Experiment ist eins der schönsten und überrascht einen Jeden, der es sieht. Es wird allerdings ein verdunkeltes Zimmer dabei vorausgesetzt. Die Blitze sind ordentlich blendend. Der Verfasser besitzt eine solche Vorrichtung, aus zwei Glastafeln bestehend; der Blitz erreicht dabei eine Länge von 6 Fuß. Die Elektrisirmaschine ist allerdings ungewöhnlich stark.

Dieselbe Tafel läßt sich noch zu einem anderen, ähnlichen Experimente von gleicher Schönheit benutzen. Sie wird hierzu auf der entgegengesetzten Seite gerade so weit, als die vordere Seite mit Blattgold belegt ist, mit Staniol, jedoch zusammenhängend, nicht durchschnitten belegt.

Hierbei will ich bemerken, daß man die erste, auf der vorigen Seite beschriebene statt mit geschlagenem Metall (Goldschaum) zu belegen, allerdings auch mit Staniol belegen kann, welches dann mit einem scharfen Messer so durchschnitten werden muß, wie die Zeichnung Fig. 48 angiebt. Allein dies ist äußerst mühsam, weil das Staniol sich leicht von dem Glase lös't und ein unaufhörliches Nachbessern nöthig macht, daher die Belegung mit Goldschaum zweckmäßiger.

Ist die Tafel auf beiden Seiten belegt, und die Staniolbelegung trocken, so kann das Experiment gemacht werden. Die Klemme mit der Kugel entfernt man jedoch.

Man stellt ein Isolirstativ nahe an den Conductor, die Glastafel aufrecht darauf, so daß sie sich mit ihrer Staniolseite an den Conductor lehnt und setzt nun die Maschine in Thätigkeit, hierauf berührt man die vordere durchschnittene Seite mit der einen Kugel des Ausladers und wird wahrnehmen, daß sich von derselben schlängelnde kleine Blitze in den mannigfaltigsten Verschlingungen nach allen Seiten hin verbreiten. Hat dieses bunte Spiel einige Zeit gedauert, so nähert man die andere Kugel des Ausladers, während die erste an die durchschnittene Belegung gedrückt bleibt, dem Conductor der Maschine; ein Funke springt über, d. h. die bis jetzt geladene Verstärkungsflasche in Tafelform entladet sich.

Bis dahin trieb die durch die Bewegung der Maschine auf der einen Seite angehäufte Elektricität die auf der anderen Seite der Glastafel befindliche gleichnamige fort und sie wurde durch den Draht des Ausladers abgeleitet, man häufte mithin auf der einen Seite so viel Elektricität an, als auf der andern vertrieben und daher entgegengesetzte, ungleichnamige angezogen wurde, dieses geschah, wie die Ladung allmählich, daher die schnell aufeinander folgenden einzelnen Blitze.

Jetzt geschieht die Ausgleichung der gespannten Elektricitäten plötzlich und mit einem Schlage, und von dem unten gehaltenen Arme des Ausladers geht ein überaus prachtvoller elektrischer Baum empor, der bis in die fernsten Enden der Tafel sich verzweigt. Wenn die Tafel groß und das Zimmer dunkel ist, so überrascht die Schönheit dieses Anblicks einen Jeden.

Hält man die Kugel des Ausladers in die Mitte der Tafel, so ist der Anblick zwar nicht minder prachtvoll, allein man weiß nicht recht, was man aus dem Bilde machen soll, das dem Namen der elektrischen Rose durchaus nicht entspricht.

Die Funken erhalten ihren Glanz und ihre Farben durch das verbrennende Metall. Daß dieses wahr sei, ergiebt sich aus einem leicht zu machenden Experiment. Man theile eine solche Tafel, wie die hier beschriebene, in vier gleiche Quadrate, belege das eine Quadrat mit unechtem Blattsilber, das andere mit solchem Blattgold, auf das dritte bringe man Feilspäne von Wismuth, auf das vierte von Antimon. Setzt man beim Laden der Glastafel auf die vorhin beschriebene Weise die Kugel des Ausladers auf die Zinkfläche, so sind die Funken ganz weiß, bei der Kupferfläche erscheinen sie grün (dasselbe findet statt, wenn die Belegung aus echtem Blattgold besteht). Setzt man den Auslader auf das Antimon, so werden die Blitze roth, auf dem Wismuth ganz entschieden violet. Auch andere Metalle oder ihre Feilspäne kann man verwenden, so giebt Eisenfeile gelbe Funken, Silberfeile blaue u. dergl. m.

Will man nicht unregelmäßige Blitze, sondern geregelte Zeichnungen erscheinen lassen, so schlägt man mit einem guten, scharf geschliffenen Locheisen kleine Flittern aus Staniol, drückt sie auf einem Buch Papier glatt, indem man mit dem Daumennagel oder einem Falzbein darüber fährt, und klebt diese Flittern mit ein wenig Buchbinderkleister in der verlangten Form auf eine Glastafel, und zwar so nahe aneinander, daß nur ein ganz kleiner, kaum bemerkbarer Zwischenraum zwischen den verschiedenen Flittern ist. Die Zeichnung darf jedoch nirgends verschlungen sein, weil die Elektricität, immer den nächsten Weg wählend, jede Verschlingung überspringen würde, ein geschlossener Kreis, eine Ellipse, eine 8 ist gar nicht darzustellen.

Der Aronsstab (Namenszüge).

Die elektrischen Funken erscheinen bei jeder Unterbrechung eines Leiters; hat man z. B. eine Glasröhre spiralförmig mit solchen Staniolflittern beklebt, so erscheint beim Funkengeben auf das eine Ende, indeß das andere

Ende der Spirale ableitend berührt wird, die ganze Röhre in den Zwischenräumen der Belegung glänzend erleuchtet.

Fig. 49.



Die beistehende Figur giebt eine solche Röhre. Gewöhnlich sagen die Besitzer, sie hätten das Experiment damit nie gelingen machen können. Dies kommt entweder daher, daß die belegte Glasröhre, wie hier um eines andern Zweckes willen, isolirt ist, wo denn natürlich ein Durchschlagen des Funkens unterbleiben muß, oder daher, daß wenn keine Isolirung stattfindet, doch die Säule auf dem hölzernen Tische steht, welcher die Elektricität allerdings leitet, jedoch nicht schnell genug. Faßt man die belegte Röhre unten ableitend mit der Hand, so schlagen die Funken von oben bis unten durch (falls die Flitterchen nahe genug aneinander stehen, ohne sich jedoch zu berühren).

Die hier gegebene Figur zeigt ein doppeltes horizontales Flugrad, welches die von oben herabschlagende Elektricität ableiten und dadurch sich drehen soll, deshalb ist auch, wie die Zeichnung andeutet, die Röhre durch eine Glasstange isolirt; dieser Versuch gelingt aber in der Regel nicht, eben weil die Ableitung der oben zugeführten Elektricität nicht rasch genug stattfindet.

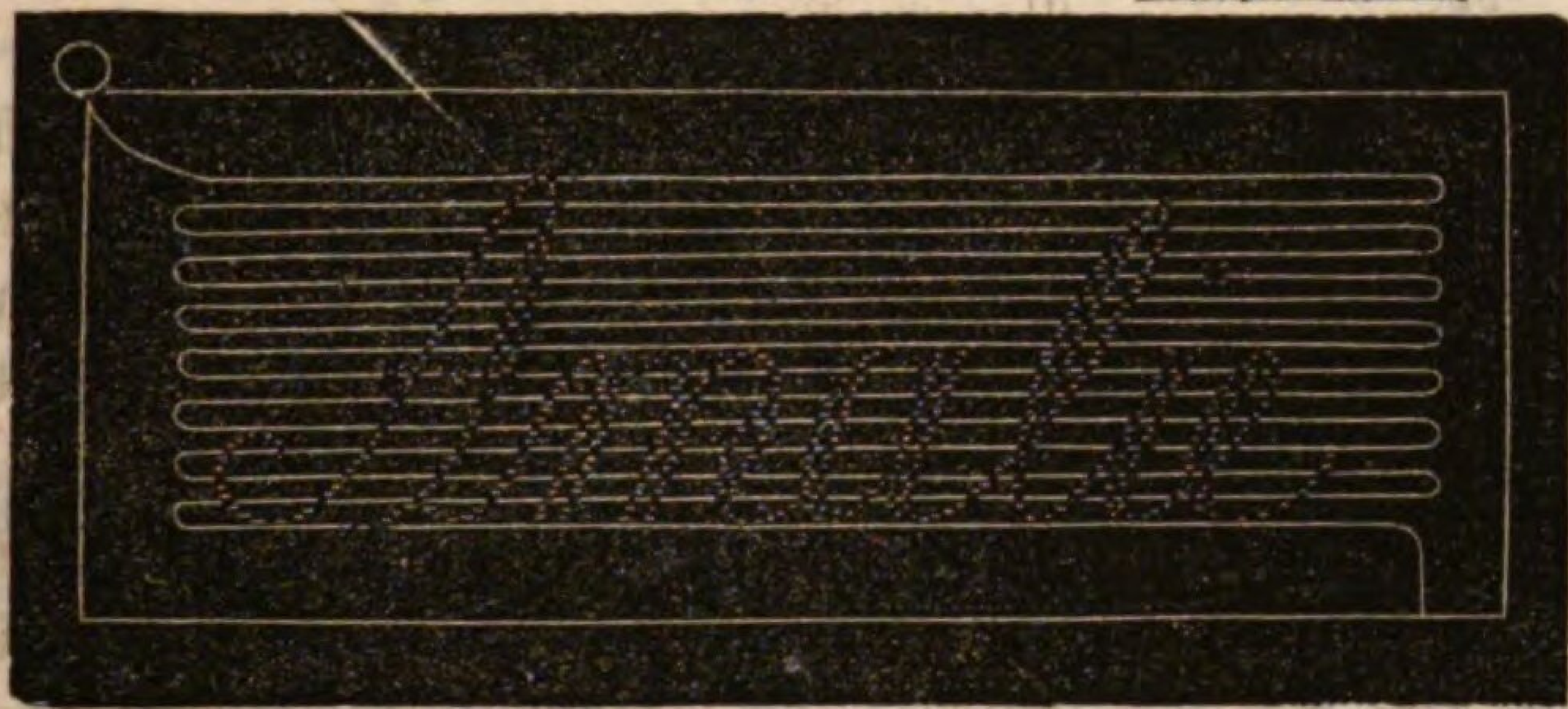
Durch solche Flitterchen kann man auch andere als Spiralzeichnungen auf der Glasröhre, eben so auf einer Glastafel ausführen; wollte man aber auf einer Glastafel in solcher Art Namen schreiben, so würde wohl kein Buchstabe ganz ausgedrückt erscheinen und Niemand würde rathen können, was mit der Sache gemeint ist.

Um nun dergleichen Züge doch darstellen zu können, belegt man eine Glastafel mit lauter parallelen Staniolstreifen, welche auf die in der Zeichnung 50 angegebene Art im Zickzack mit einander verbunden sind, so daß rechts die erste mit der zweiten, die dritte mit der vierten, die fünfte mit der sechsten ꝛc., links aber die zweite mit der dritten, die vierte mit der fünften verbunden ist, wodurch eine ununterbrochene Leitung von ○ nach dem unteren Ende stattfindet.

Was man nun für Züge erscheinen lassen will, so trage man dieselben vorher mit Kreide auf die belegte Tafel (jedoch nicht eher, als bis alles

vollständig trocken ist) und da, wo diese Züge eine der Staniollinien treffen, durchschneide man dieselben mit einem scharfen Messer.

Fig. 50.



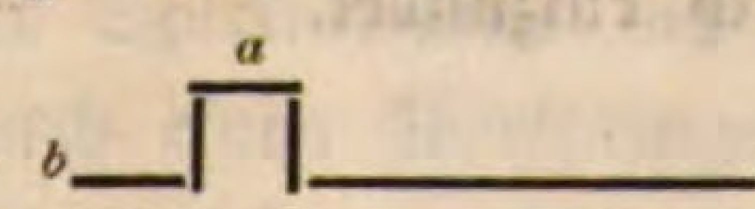
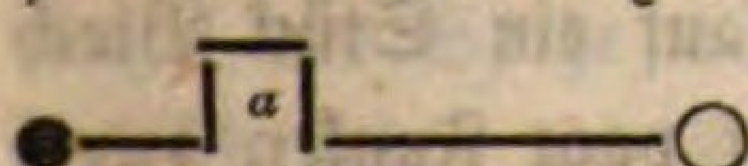
An allen so durchschnittenen Stellen zeigt sich gleichzeitig ein kleines Fünkchen, welches, wenn die Maschine kräftig, nicht ruckweise kommen, sondern ausdauernd bleiben und ein sehr hübsches Bild geben wird.

Elektrisches Funkenspiel.

Eine ungemein schöne Abänderung des Versuchs mit der Glasröhre ist auf folgende Art zu machen:

Sechs bis acht Champagnerkelche, denen die Füße abgebrochen sind (so daß sie jetzt lediglich abgestumpfte Kegel vorstellen), belegt man, wie die vorhin beschriebene Glasröhre mit Staniolflittern in einer absteigenden Spirallinie und versieht jede Spitze eines solchen belegten Glaskelches mit einer Metallkugel.

Auf einem runden Brette von etwa 1 Fuß Durchmesser, welches ganz mit Staniol überklebt ist, errichtet man im Mittelpunkte eine Glassäule, etwa eben so hoch als die Champagnerkelche (welche natürlich unter sich selbst auch eine gleiche Höhe haben müssen). Auf die Glasstange setzt man eine etwas mehr als zollgroße Kugel von hartem, am besten von Buchsbaumholz, welche eine starke Drahtspitze von 1 Zoll Höhe trägt, so daß das oben beschriebene Flugrad darauf schweben kann.

Statt dieses Flugrades legt man aber einen Draht auf diese Spitze, welcher die nebenstehende Form  und bei *a* eine Vertiefung in der inneren Seite der Krümmung hat. Bei *c* wird eine größere metallene Hohlkugel, bei *b* eine kleinere massive Kugel angesetzt , so daß, wenn Draht und Kugeln bei *a* auf die Spitze der Glassäule gesetzt werden, sie sich gegenseitig das Gleichgewicht halten.

Ist alles bis hierher vorbereitet, so stellt man die sechs oder acht Champagnerkelche in einem Kreise auf, das mit Staniol beklebte Brett, so weit von der Mitte entfernt, daß die größere Hohlkugel bei einer jeden der Kugeln auf den (mit ihrer Mündung nach unten gekehrten) Kelchen in der Entfernung von $\frac{1}{6}$ Zoll vorbeistreicht.

Wenn man von einer starken Elektrisirmaschine hinlängliche Elektricität dem schwebenden Apparat zuführt, so giebt er sofort dem nächsten Kelch einen Funken ab, bei einer geringen Schwingung, die man dem schwebenden Kugelpaare giebt, dreht sich dieses auf seinem Stützpunkt und giebt bei jedem Vorbeistreichen an den Kelchen an diese Funken ab, welche die auf den Glaskelchen gezeichneten Spirale glänzend erleuchten. Zum Gelingen ist erforderlich, daß die Elektrisirmaschine ausgiebig sei, daß die Elektricität des Conductors dem Apparat stillschweigend zugeführt werde (was am Besten geschieht, wenn sich ein spitz gefeilter Draht aus dem Conductor beinahe bis auf *a* des gebogenen Drahtes herabsenkt), und daß endlich die Spirale von Flittern an den Kelchen bis auf die Staniolbekleidung des Brettes reichen, welches letztere durch eine Metallschnur mit dem Reibezeuge der Maschine verbunden ist.

Wer die Mühe nicht scheut, sich diesen Apparat zu construiren, wird daran ein großes Ergötzen finden.

Ein Jeder sieht ein, wie man diese Versuche sehr mannigfaltig abändern kann. Für die Lichterscheinungen auf Glastafeln ist eine wesentliche Bedingung, daß die Staniolstreifen nicht zu nahe bei einander vorbeilaufen, sonst springt leicht der Funke über ein paar hinweg und macht die Erscheinung sehr unvollkommen. Eine angemessene Entfernung von Mitte zu Mitte der Streifchen ist $\frac{5}{6}$ Zoll, wobei angenommen wird, daß die Staniolstreifen etwa $\frac{1}{12}$ Zoll breit sind.

Versuche mit der Zündkraft der Elektricität.

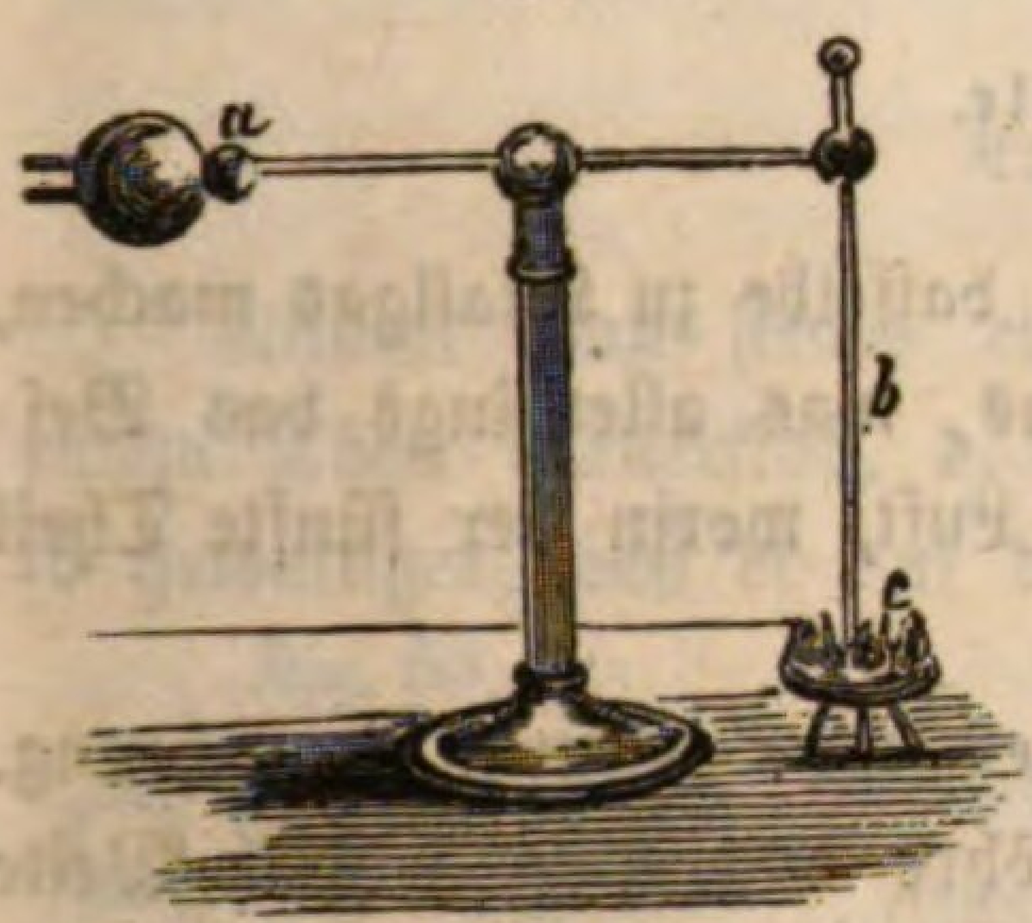
Die Funken einer guten Elektrisirmaschine haben eine bedeutende zündende Kraft, nicht blos Knallsilber und Wasserstoffgas, sondern Aether und Weingeist werden dadurch entzündet.

Spiritus durch Elektricität zu entzünden.

Hierzu braucht man keine besondere Vorrichtung; auf ein Stück Blech gießt man einige Theelöffel guten Spiritus und läßt ein paar Funken durch die nasse Fläche in das Blech schlagen; ist der Weingeist gut, so gelingt

der Versuch jedesmal, ist er minder gut, so gelingt der Versuch doch, wenn man die Blechplatte vorher erwärmt.

Fig. 51.



Will man sich einen Apparat zu diesem Behuf verschaffen, so giebt die eingeschaltete Figur die Idee dazu an. Man sieht bei *a* in der großen Kugel den Conductor der Elektrisirmaschine, in der kleineren und dem damit verbundenem Stücke Draht bis *b* eine Fortsetzung, eine Verlängerung dieses Conductors, welche von der in der Mitte auf einem Fuße stehenden Glassäule getragen wird.

Bei *c* ist eine Metallschale, die den Weingeist enthält und welche durch einen Draht oder eine Kette, eine leitende Schnur mit dem Reibezeuge der Maschine verbunden ist, der Draht *b* ist in der Kugel, welche den horizontalen Draht beschließt, beweglich, kann höher und niedriger gestellt werden und sein unteres Ende (mit einer Kugel versehen sowie sein oberes) wird so weit herabgeschoben, bis es nur ½ Zoll von der Weingeistfläche entfernt steht. Die Schale muß sehr flach und des Weingeistes wenig darin sein, damit der Funke auch einer schwachen Maschine durch die Flüssigkeit in die Metallschale und somit in die Fortleitung schlagen könne; wie indessen bemerkt, ist solch eine Veranstaltung nicht nöthig, wohl aber läßt der Versuch sich auf mannigfache Weise abändern; so z. B. läßt man eine Person, die Schale auf der flachen Hand haltend, sich auf den Isolirstuhl setzen (es versteht sich, daß auf demselben ein Stuhl stehen muß, wollte man sich auf den Isolirstuhl selbst setzen und etwa dabei die Füße auf den Boden stellen, so würde man nicht isolirt sein, hierauf berechnete Versuche müßten also nothwendig mißlingen) und sich mit dem Conductor der Elektrisirmaschine leitend verbinden. Nähert sich nun eine zweite Person mit dem Knöchel eines Fingers der Spiritusfläche, so daß sie einen Funken erhält, so entzündet sich dadurch der Spiritus. Ebenso kann man die Schale der nicht isolirten Person zu halten geben; wenn nun der auf dem Isolirstuhl Sitzende sich der Spiritusfläche mit dem Knöchel eines Fingers nähert, so entzündet er durch einen überspringenden Funken den Weingeist. Man muß sich hierbei wohl hüten, nicht aus der Fingerspitze den Funken geben zu wollen, erstens mißlingt dies häufig, weil der vorstehende Nagel als Spitze wirkt und Elektricität ausströmt, zweitens aber und hauptsächlich wird der Funke, wenn er aus der Fingerspitze gelockt wird, sehr

viel schmerzhafter als wenn er aus einem Knöchel kommt oder auf denselben fällt.

Die elektrische Pistole.

Um Wasserstoffgas anzuzünden, muß man dasselbe zu Knallgas machen, entweder durch Zusatz von reinem Sauerstoffgas, was allerdings das Bessere ist, oder durch Zusatz von atmosphärischer Luft, worin der fünfte Theil Sauerstoffgas enthalten ist.

Um dieses Gemisch zu entzünden, bedarf es einer eigenen Vorrichtung.

Fig. 52.



Eine Blechröhre von etwa 1 Zoll Weite und 6 Zoll Länge wird an einem Ende verlöthet, während sie am anderen Ende offen bleibt. In der Nähe des verschlossenen Endes muß sich ein Loch von etwa ¼ Zoll Durchmesser befinden. In dieses kittet man durch Siegellack ein kurzes Glasröhrchen *b*, worin ein Stück Draht *a* steckt, welches bis nahe an die gegenüberstehende Wand reicht, doch dieselbe nicht berührt, weil sonst kein Funke im Innern entstehen könnte, welcher zur Zündung nothwendig ist. Dem Ganzen giebt man ungefähr die Form eines Pistols und davon heißt das Instrument „die elektrische Pistole."

Aus einer Wasserstoffgas-Zündmaschine läßt man einen Gasstrom in das Innere der Blechröhre gehen, stopft mit einem gut passenden Kork dieselbe sofort zu und hält den Theil derselben, in welchem die Glasröhre mit dem Draht befindlich ist, gegen den Conductor der Maschine. Das kleinste Fünkchen, welches diesen Draht (der außerhalb der Blechröhre in ein Kügelchen enden, oder in einen Haken umgebogen sein muß) trifft, entzündet das Gemisch von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft, mit einem mäßigen Knall wird der Kork fortgeschleudert.

Wenn man der elektrischen Pistole die Form einer Kanone giebt, so führt sie den Namen von dem Geschütz, welches sie vorstellt. Die kleine Glasröhre kommt dann an die Stelle des Zündloches. Es hat diese Einrichtung den Vortheil, daß man den Apparat nicht in der Hand zu halten braucht, was für ängstliche Personen angenehm sein dürfte. Man richtet es dann so ein, daß die Metallröhre, welche das Kanon vorstellt, ohne Umstände von der Lafette abgehoben und an der Zündmaschine geladen werden kann; nachdem man sie wieder auf die Lafette gelegt hat, giebt man

dem Knopf auf dem Glasröhrchen im Zündloch einen kleinen Funken und das Kanon entladet sich sofort mit einem nicht unbedeutenden Knall.

Knallgas zu entzünden.

Nimmt man jedoch eine Mischung aus zwei Theilen Wasserstoff und einem Theil Sauerstoff, d. h. eigentliches Knallgas, so ist der Schlag ein so gewaltiger, daß er auf das Ohr eine sehr unangenehme Wirkung macht.

Fig. 53.



Wenn man durch einen Kork (s. Fig. 53) zwei Glasröhren mit zwei Drähten steckt, welche sich auf einer Seite nahe kommen (1/12 Zoll von einander abstehen), andererseits aber in Oehsen gebogen sind, so kann man damit Knallgas in einer Schweins- oder Ochsenblase entzünden, indem der Kork in dem Verschluß der Blase so eingebunden wird, daß die Oehsen desselben sich außen befinden. Hängt man nun die Blase an einem Baume im Garten auf (man hüte sich ja dies Experiment im Zimmer zu machen) und leitet einen Draht von der einen Oehse hinab in den Erdboden, den anderen Draht aber frei schwebend an seidenen Fäden durch das Fenster bis in die Nähe der Elektrisirmaschine, von welcher man einen Funken überschlagen läßt (auf den isolirt nicht in der Hand gehaltenen Draht), so entzündet sich das Knallgas mit einem so betäubenden, scharfen Knall, daß man es bei einer Entfernung von 50 Schritt noch sehr unangenehm empfindet.

Experimente mit Verstärkungsflaschen.

Die Versuche mit Flaschen und Batterien haben einen ganz anderen Charakter.

Pudert man Semen Lycopodii auf eine Glastafel, setzt eine Verstärkungsflasche darauf und läßt alsdann einen möglichst starken Funken auf den Knopf der Flasche schlagen, so entsteht rund um die Flasche ein Kranz von verästelten Strahlen, welcher das Vertreiben der gleichnamigen Elektricität aus der äußeren Belegung anzeigt.

Bei einem zweiten Funken wiederholt sich die Erscheinung schwächer und die Figur wird verwirrt; einen dritten Funken in die Flasche zu bringen, gelingt selten, die Maschine müßte denn sehr stark sein; nähert man jedoch der äußeren Belegung den Knöchel eines Fingers, so erhält dieser einen

Funken, und jetzt kann man auch dem Knopf der Flasche neue Elektricität zuführen.

Wenn die Flasche auf einem Isolirstativ steht, so entspricht jedem Funken, den der Knopf bekommt, ein ähnlicher, der die äußere Belegung verläßt und gegen einen dargebotenen Leiter springt. Als Beweis ist dieser Versuch zulässig, als Mittel, die Flasche zu irgend einem anderen Zweck zu laden, darf man sich dieser Ladungsart jedoch nicht bedienen, weil die Ladung so nicht vollständig wird.

Eine gut construirte, fehlerfreie Ladungsflasche muß es ertragen, daß man sie mit einer großen Maschine sehr schnell bis zur Selbstentladung elektrisire, es schlägt alsdann ein mächtig schallender Funke zwischen den beiden Belegungen über und die Flasche ist entladen. Wenn sie schlecht war, so ist sie damit zertrümmert, sie springt entweder in mehrere Stücke oder sie hat irgendo mitten in dem Glase ein Bohrloch, von welchem viele kleine Strahlen, einen unregelmäßigen Stern bildend, ausgehen.

Ist die Flasche besonders groß und daher von Werth, so kann man, falls sie nur auf die gedachte Art durchbohrt ist, dieselbe noch brauchbar erhalten, wenn man rund um die verletzte Stelle die innere Belegung etwa 3 Zoll weit wegnimmt; doch ist immer wieder die Gefahr des Zerspringens von dieser Stelle aus vorhanden, und mit Sicherheit mit dieser Flasche nicht mehr zu operiren.

Eine gute Flasche, welche die oben angegebene Probe überstanden hat, ist unverwüstlich und nur aus solchen so geprüften Flaschen sollte man eine Batterie zusammensetzen, weil bei ihr das Springen einer Flasche von viel übleren Folgen ist, als wenn eine einzelne zertrümmert wird. In der Batterie nämlich ist zwar die elektrische Spannung jeder Flasche nicht größer als die einer einzelnen, jedoch beim Entladen auf diesem nicht vorgeschriebenen Wege geht die ganze Masse der in allen Flaschen vertheilten Elektricität durch die verletzte Stelle, die beschädigte Flasche zerspringt in Stücke und diese schlagen auch die nächststehenden entzwei.

Bei allen Versuchen mit großen Flaschen oder Batterien ist die höchste Vorsicht nöthig; übt man diese nicht, so kann man sich leicht beschädigen, ja für seine Lebenszeit unglücklich machen, lähmen, wohl gar tödten. Gewöhnlich glaubt man sicher zu sein, wenn man nur mit der äußeren Belegung der Batterie nicht in leitender Verbindung ist — man hat hierin auch Recht, allein die leitende Verbindung kann da sein, ohne daß man es ahnet, nämlich durch den Fußboden, auf welchem man steht.

Der Erschütterungsschlag.

In einem Zimmer, welches zur ebenen Erde liegt, lasse man etwa 20 Personen sich anfassen, um eine Kette zu bilden, gebe der ersten die geladene Flasche in die Hand und lasse die letzte den Knopf berühren. Nur die ersten und letzten Personen werden eine wirklich starke Erschütterung fühlen, die beiden nächstfolgenden schon viel weniger und die vierte und viertletzte fast gar nichts mehr, alle übrigen gehen leer aus.

Wiederholt man dasselbe Experiment auf dem Rasen des Gartens, so fühlt nur der Erste und Letzte etwas, wiederholt man es in einem trockenen Zimmer, eine oder zwei Treppen hoch, so bekommen alle Personen, die sich angefaßt haben, gleichzeitig einen gleich starken Schlag.

Man sieht hier, daß es gar nicht gleichgültig ist, auf welchem Boden man steht und daß man, scheinbar mit der Flasche oder Batterie nicht in Verbindung, doch durch einen auf den feuchten Boden hängenden Draht wirklich in Verbindung sein kann, denn die Erschütterung, welche die Personen des ganz geschlossenen Kreises nicht berührte, muß einen anderen Weg gewählt haben als den vorgeschriebenen durch die sich fassenden Hände, sonst hätten alle den Schlag erhalten. Dieser andere Weg war durch die erste Person, welche die Flasche hielt, in den Erdboden, durch die letzte Person, welche den Knopf berührte, gleichfalls in den Erdboden und in diesem beiderseitig fort bis zur Begegnung und Ausgleichung beider Elektricitäten.

Es ist mehreren Gelehrten, welche die so nöthige Vorsicht vernachlässigten, wie z. B. Prof. Tillberg in Greifswalde, Prof. Hermbstädt in Berlin begegnet, daß sie während der Vorlesung durch den Schlag der Batterie niederstürzten, als ob sie getödtet wären, daß eine stundenlange Ohnmacht und eine monatlange Lähmung einer Seite, durch welche der Schlag gegangen, die traurige Folge dieser Vernachlässigung war.

Will man einer Person einen Schlag durch die Elektricität ertheilen, so giebt man ihr die mäßig geladene Flasche in die Hand und läßt sie mit der andern den Knopf berühren. Alsbald wird die Flasche durch die Arme des Berührenden entladen werden und er wird, je nach der Stärke der Ladung und der Empfindlichkeit seines Nervensystems einen mehr oder minder heftigen Schlag erhalten.

Auch hier, bei einer einzelnen Flasche, ist große Vorsicht nöthig. Es ist indessen ein ganz schlechter Spaß, Unkundige auf solche Weise zu verletzen; man verbreitet ferner eine unnöthige Furcht vor einer in den meisten Fällen höchst wohlthätigen Naturkraft, und überhaupt ganz falsche Be-

griffe, denn der so Gemißhandelte sagt: „ich weiß, was Elektrisiren ist, ich habe es einmal versucht, thue es aber niemals wieder“; er ist jedoch im Irrthum, denn er weiß nicht, was Elektrisiren ist, sondern nur was ein schlechter Witz, ein unzeitiger Spaß mit dem Elektrisiren ist; ferner kann man durch eine stark geladene Flasche von nur 1 Quadratfuß Belegung schwachnervige Personen so sehr erschrecken, daß sie wochenlang leiden, ja Frauen, welche sich in Hoffnung befinden, können durch den Schreck abortiren und endlich, was allerdings das Unbedeutendste ist, riskirt man immer, die Flasche hingeworfen und zerschlagen zu sehen. Diesem Uebel kann man zuvorkommen, wenn man die Flasche selbst, auch wenn der zu Elektrisirende sie in die Hand nimmt, doch nicht losläßt; über die anderen Ereignisse ist man jedoch gar nicht Herr, weil man die Kraft der Personen und den Eindruck, den der Schlag auf sie machen wird, nicht vorhersehen kann.

Der elektrische Blumentopf.

In alten Cabinetten findet man nicht selten einen künstlichen Orangenbaum mit Früchten in einem Blumentopf von Pappe. Dies sonderbare Instrument dient, um einem Unkundigen unversehens einen Schlag zu ertheilen. In dem Blumentopf ist eine Verstärkungsflasche verborgen oder besser: ein Glasbecher von der Form eines Blumentopfes (oben weiter als unten) ist dazu verwendet, und auswendig nicht bloß an dem unbelegten Glasrande, sondern auch über die Staniolbelegung mit rother Farbe angestrichen. Der Draht der Flasche ist oben, wo die innere Belegung aufhört, durch eine Pappscheibe befestigt und diese ist mit Harz übergossen, so daß dieser mit seiner dunklen Farbe allenfalls die Erde des Blumentopfes vorstellen kann.

Der Draht, durch welchen die innere Belegung mit der Elektrisirmaschine verbunden wurde, ist mit grüner oder brauner Seide umwickelt, daran sind einige künstliche Blätter und oben ein paar solcher Früchte befestigt.

Besser und zierlicher wird dies ausgeführt, wenn man den Draht der Flasche ohne Kugel oder etwas Entsprechendes 1 Fuß lang macht und darüber, am Tage wo das Experiment gemacht werden soll, den hohlen Stengel einer natürlichen Hyazinthe, Tulpe, einer Lilie oder einer ähnlichen durch ihre Größe und ihren starken Stengel dazu geeignete Blume streift, und nur einen Augenblick, bevor das Experiment gemacht werden soll, heimlich die Flasche ladet.

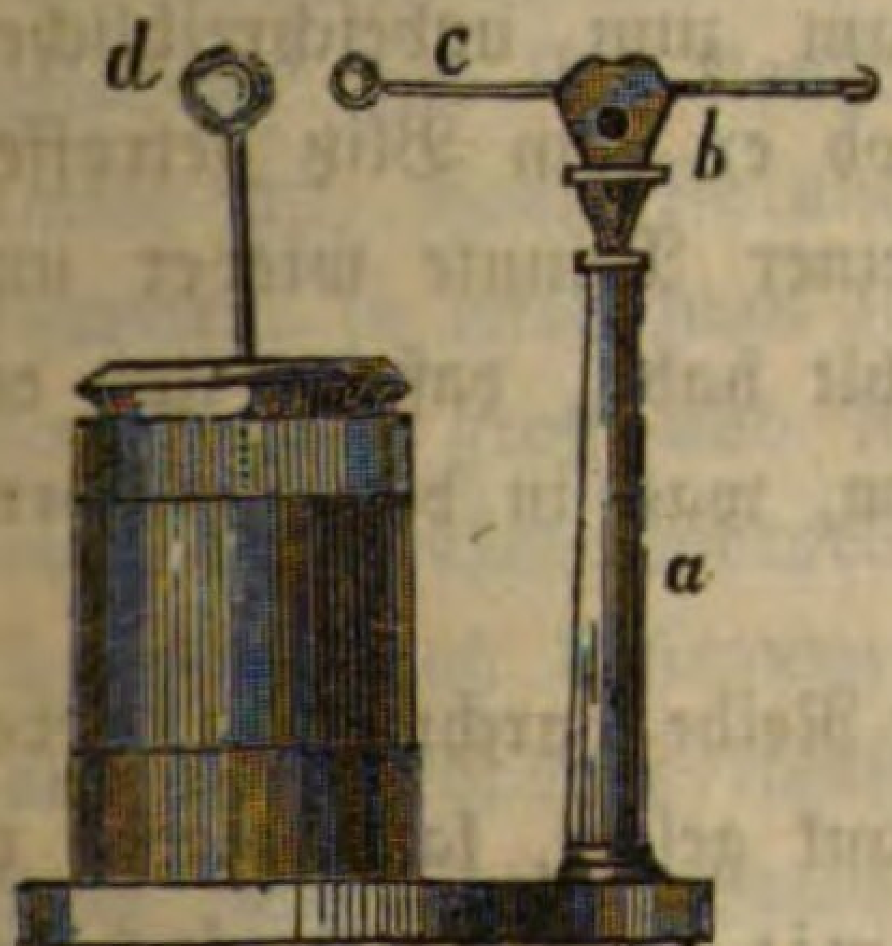
Man fordert nun das arme Opfer dieses Experimentes auf, an der Blume zu riechen, welche einen ganz besonders lieblichen Duft habe und giebt ihm die elektrische und elektrisirte Flasche in die Hand. Sobald er die Blume oder das Orangenbäumchen der Nase nähert, erhält er einen Schlag, der auch bei schwacher Ladung um so heftiger wirkt, als er nicht nur unerwartet kommt, sondern einen empfindlichen Theil des Körpers, die Nase, trifft.

Der Vollständigkeit wegen findet die Angabe hier statt, allein es ist immer ein Experiment, was nur den Zuschauern Freude — Schadenfreude — verursacht und es kann von Seiten des Gefoppten leicht geschehen, daß Lichtenberg's Ansicht über dergleichen wahr werde, „es sei ein sehr schönes, überraschendes Kunststück, wofür der Experimentator einmal ein paar Ohrfeigen bekommen."

Sehr rasch folgende elektrische Schläge.

Um Jemandem mehrere Schläge hintereinander in gleicher Stärke zu geben, bedient man sich der Lane'schen Flasche (Seite 76 beschrieben). Die beiden Kugeln werden so weit auseinander gestellt, als man es für zweckmäßig hält; an die äußere Belegung wird eine Metallschnur befestigt, und an dem Haken, welcher die bewegliche Kugel hält, gleichfalls. Die zu elektrisirende Person bekommt die beiden Metallschnüre in die Hände, ist also durch die eine mit der äußeren Belegung verbunden, und wird es durch die andere mit der inneren, sobald die Ladung der Flasche hoch genug steigt, um den Zwischenraum zwischen den beiden Kugeln zu überspringen.

Fig. 54.



Die Lane'sche Flasche kann außer der beschriebenen auch noch folgende Einrichtung bekommen und sie wird dadurch noch leichter und bequemer brauchbar.

Auf ein Brettchen befestigt man durch einen Kreis von Pappe oder Metall oder durch Aushöhlung des Brettes selbst eine Verstärkungsflasche *d*. Ein paar Zoll weit von derselben läßt man eine Glasstange *a* in dasselbe Brettchen ein, welche oben ein hölzernes Charnier *b* trägt, durch das ein Draht mit einer Metallkugel *c* geschoben, und worin er bequem bewegt werden kann, ohne dabei locker zu sitzen. Der Draht hat auf der entgegengesetzten Seite einen Haken, eben solchen hat auch die Fassung der Flasche.

Diese Einrichtung hat das Angenehme, daß man die Flasche *d* mit einer anderen vertauschen kann, welche zwar des Einpassens wegen von gleicher Weite sein muß, doch sich von der früher gebrauchten durch die Ausdehnung der Belegung wesentlich unterscheiden kann. Ist die Belegung der Flasche nur einige Quadratzoll groß, so wird man im Stande sein, mit einer kräftigen Maschine zehn bis zwölf Entladungen in einer Secunde hervorzubringen, welche zwar nicht stark, aber durch die ungemeine Schnelligkeit, mit welcher sie aufeinander folgen, doch so kräftig und so eigenthümlich wirksam sind, daß man darin ein vollständiges Ersatzmittel für die kostspieligen magneto-elektrischen Maschinen hat, von denen in einem späteren Abschnitt die Rede sein wird.

Es kann, und es wird bei Krankheiten Fälle geben, in denen man nicht von Hand zu Hand durch die Brust hindurch elektrische Schläge leiten will, sondern in denen nur ein bestimmter Theil des Körpers erschüttert werden soll, — z. B. beim Hüftweh (der Ischias), dem Hexenschuß, der Theil von den Lendenwirbeln bis zum Knie, — dann befestigt man die leitenden Schnüre der Seite 87. beschriebenen Directoren an der äußeren Belegung und dem Haken, hält mittelst der Glasstangen die Kugeln der Directoren an Knie und Kreuz und die Erschütterungen werden nur diesen einen Theil des Körpers berühren.

Ein würdiger Professor Gymnasii, einer von denen, die ihr Examen als Lehrer der Mathematik mit großem Lobe gemacht haben und nun die Physik, von der sie weniger verstehen als ihre Köchin, ein halbes Jahrhundert lehren dürfen, unterhielt seine Schüler in den Stunden, die für die Lehre von der Elektricität bestimmt waren, damit, daß er ihnen die geladene Flasche in die Hand gab (die aus Vorsicht ein Anderer halten mußte), und dann den Entladungsschlag von oben herab durch den Kopf gehen ließ.

Einer der Schüler nach dem anderen bekam zum unbeschreiblichen Jubel der übrigen eine Ohnmacht, fiel um als ob er vom Blitz getroffen worden wäre, erholte sich jedoch in Zeit von einer Minute wieder und sagte aus, daß er von dem Schlage nichts gefühlt habe, daß er nur die Vorbereitungen zu dem Experiment kenne, von dem, was in der Zwischenzeit mit ihm vorgefallen, aber nichts wisse.

Der Professor ließ den Versuch alle nach der Reihe durchmachen, jeder fiel um, wurde aufgehoben, auf den Tisch, die Bank gelegt, kam wieder zu sich und machte einem andern Platz. Daß er mit dem Tode spiele, fiel dem wackeren Manne gar nicht ein, er wird vielleicht das Spiel fortsetzen, bis er es verliert.

Elektrisiren von Thieren.

Die Heftigkeit der Wirkung eines mäßigen Schlages zeigt sich an mehreren Thieren sehr auffallend, nicht nur, daß eine Maus, ein Canarienvogel, ja ein Pferd, ein Stier durch den starken Schlag einer Batterie getödtet werden kann, sogar Thiere, welche sich in einer gut leitenden Substanz befinden, wie die Fische im Wasser, werden getödtet, da man doch glauben sollte, daß die Elektricität durch das Wasser vollständig fortgeleitet werden müßte, ohne die Fische zu berühren.

Wenn man in eine längliche Wanne (von Holz, von Thon, nur nicht von Metall) Wasser gießt und Fische hineinsetzt, so daß diese bequem darin schwimmen können, auf einem Ende der Wanne eine breite Metallplatte, an einer leitenden Schnur befestigt, in das Wasser hängt, ganz dasselbe auf dem anderen Ende thut, so daß die Fische zwischen beiden Platten befindlich sind, nunmehr die leitende Schnur mit der äußeren Belegung, die andere mittelst des Directors oder des Ausladers mit der inneren Belegung einer großen, stark geladenen Flasche in Verbindung bringt, so daß der Entladungsschlag durch die Flüssigkeit geht, so werden die Fische, wenn nicht sogleich getödtet, doch so betäubt, daß sie gelähmt an die Oberfläche des Wassers kommen und mit dem Bauch nach oben darauf liegen bleiben, meistentheils sind sie aber völlig todt.

Fehlerhaftes Laden durch Funken.

Gewöhnlich läßt man die Elektricität funkenweise in die Flasche schlagen, um sie zu laden und um die Ladung zu messen; „ich habe nur zehn bis funfzehn Funken hineinschlagen lassen, die Flasche ist nicht sehr stark geladen," das sind Aeußerungen, die man sehr oft hört; sie zeigen nur Unkunde an; wenn sie auch aus dem Munde eines Professors der Physik kommen, so wird man sie doch nie von einem Physiker hören. Die Funken können groß und klein sein, ein Funke der großen Harlemer Maschine oder der großen hydroelektrischen zu London ist genug, um eine Flasche von 1 Quadratfuß Belegung zu sprengen; ein französisches Maschinchen, wie sie auf der Londoner Ausstellung zu sehen waren, wird mit hundert Funken noch nicht den zehnten Theil der Ladung hervorbringen. Ferner ist bei derselben Maschine die Funkenstärke sehr verschieden, je nachdem sie frisch amalgamirt oder schon länger gebraucht, je nachdem die Witterung feucht oder trocken ist, und endlich sind die zehn hintereinander der Flasche

gegebenen Funken von ganz verschiedener Stärke, denn je mehr freie positive Elektricität die Flasche schon hat, desto mehr sträubt sie sich, neue Elektricität anzunehmen und jeder folgende Funke wird kürzer als der vorhergehende, d. h. man muß die Flasche näher an den Conductor bringen, um noch neue Funken zu bekommen.

Ladung per Cascade.

Eben so wenig ist die Zahl der Umdrehungen einer Maschine als ein Maaßstab für die Ladung anzusehen, es giebt nur die oben beschriebene Lane'sche Flasche annäherungsweise einen solchen, indem bei gleicher Entfernung der Kugeln die Schläge derselben ziemlich gleich sein werden. Als ein treffliches Mittel, die Stärke einer Batterieladung zu messen, bedient sich ihrer Rieß nach dem Prinzip der Ladung per Cascade.

Wenn man nämlich eine Flasche isolirt aufstellt, und eine zweite an die äußere Belegung hält, so ladet sich diese zweite Flasche eben so stark und in eben der Zeit und mit derselben Elektricität, als ob man die zweite Flasche unmittelbar an den Conductor gehalten hätte.

Wenn man die zweite Flasche ebenso isolirt wie die erste, aber an die zweite äußere Belegung eine dritte Flasche mit dem Knopfe hält, so erhält man drei gleich stark geladene Flaschen. Man kann dies noch viel weiter treiben und nennt die Art der Ladung per Cascade, weil die Ladung gewissermaßen durch einen Fall der Elektricität von Stufe zu Stufe entsteht.

Wenn Rieß eine Batterie verschiedene Male gleich stark laden will, so stellt er dieselbe auf einen Isolirstuhl und an ihren Fuß eine Lane'sche Ausladeflasche so mit dem Knopfe heran, daß sie sich von der aus der äußeren Belegung der Batterie vertriebenen Elektricität füllt. Die Entfernung der beiden Knöpfe ist eine gegebene, bald wird die Ladung stark genug sein, um diese Entfernung zu überspringen, sowie dies geschieht, kann man mit Recht sagen, die Batterie ist jetzt so stark geladen, wie die Lane'sche Flasche. Wenn aber der Funke zum zehnten oder zwanzigsten Male übergesprungen ist, so wird man ebenso sagen können, es habe die Batterie jetzt eine Ladung erhalten, welche zehn oder zwanzig Lane'schen Flaschen in der einmal vorausbestimmten Spannung entspricht, und auf diese leicht anwendbare, sehr praktische Weise hat man einen Maaßstab für die Stärke der Ladung überhaupt und kann wenigstens, so oft man will, dieselbe Ladung hervorbringen.

Ob man aber eine Flasche oder eine Batterie lade, immer muß sie im innigsten Zusammenhange mit dem Conductor der Maschine stehen,

niemals darf sie, außer um die Funken zu zeigen, mit Funken geladen werden; es ist dies wenigstens eine Verschwendung der Elektricität, denn man wird, um die Flasche bis zur Selbstentladung zu treiben, bei unmittelbarer Berührung vielleicht vier Umdrehungen der Maschine brauchen, und wenn man dasselbe mit Funken erzielen will, zwanzig Umdrehungen nöthig haben, vielleicht die Flasche nie bis zur Selbstentladung bringen.

Gleich und ungleich geladene Flaschen.

Wenn man zwei Flaschen mit ihren Knöpfen zu gleicher Zeit an den Conductor hält, so werden beide halb so stark geladen, wie eine in derselben Zeit oder mit der nämlichen Menge von Umdrehungen geladen sein würde; sollen sie also die Stärke der Ladung haben, die eine Flasche von zehn Umdrehungen der Scheibe oder des Cylinders erhalten würde, so muß man beide Flaschen zusammen mit zwanzig Umdrehungen laden.

Beide Flaschen sind hierbei mit derselben Elektricität geladen, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man dieselben bei ihren äußeren Belegungen faßt (gleichzeitig in jede Hand eine nimmt) und dann ihre beiden Knöpfe in Berührung mit einander bringt. Sie sind mit gleichnamiger und mit gleich vieler Elektricität geladen, denn die Berührung veranlaßt dem Haltenden keine Erschütterung.

Ladet man dagegen beide Flaschen positiv, und die eine schwächer als die andere, so bekommt der sie Haltende einen Erschütterungsschlag; ladet man ferner eine Flasche positiv und eine negativ, so geschieht dasselbe in höherem Maaße. Im ersten Falle gleichen sich die gleichnamigen Elektricitäten, welche nur in verschiedener Spannung aufgehäuft sind, in den Flaschen zu einer ganz gleichen Spannung aus und der Schlag ist nicht gerade sehr stark; die Flaschen sind auch beide geladen und zwar nunmehr, nach der Berührung beider, gleich hoch oder stark.

Ladet man zwei gleiche Flaschen, die eine positiv, die andere negativ und zwar gleich stark, so findet eine andere Erscheinung statt, doch bevor wir diese betrachten, wollen wir die Art angeben, auf welche man eine Flasche negativ laden kann.

Negative Ladung.

Ist die Maschine eine nach Van Marum's Angabe eingerichtete Scheibenmaschine, so ist die Sache höchst einfach; man neigt die Arme des Conductors horizontal, bis sie die Reibezeuge berühren, und hat nun nega-

tive Elektricität in dem ganzen System von drei Kugeln und zwei Armen (nicht wie ein Professor der Physik am Joachimsthal'schen Gymnasium — der verstorbene Wolf — glaubte, positive Elektricität an der mittelsten Kugel, dem eigentlichen Conductor und negative Elektricität an einer der Kugeln der Reibezeuge, sondern überall, an welchem Punkte es auch sei).

Wenn man jedoch keine so gut construirte Maschine, sondern eine solche hat, deren Conductor nur positive Elektricität giebt, so kann man die Flasche negativ laden, wenn man sie bei dem Knopfe anfaßt und die äußere Belegung an den Conductor bringt, dann die Flasche fallen läßt und sie mit der anderen Hand auffängt, oder (wenn dies Experiment zu halsbrechend sein sollte) sie nach der Ladung auf sein Isolirstativ stellt und erst dann an der äußeren Belegung faßt. Man hat nunmehr eine Flasche, deren äußere Fläche positiv ist, daher die innere negativ sein muß.

Noch bequemer ist solche negative Ladung zu erhalten, wenn man zwei gleich große Flaschen nebeneinander auf ein Isolirstativ stellt, ihre äußeren Flächen mit einander durch einen Staniolstreifen verbindet und nunmehr den Knopf der einen Flasche an den Conductor der Elektrisirmaschine lehnt, wodurch bei Entwickelung der Elektricität diese positiv geladen wird, gleichzeitig aber den Knopf der anderen Flasche mit der Hand berührt, wodurch diese zweite inwendig negativ geladen wird.

Der Vorgang ist hierbei folgender: Die positive Elektricität der ersten Flasche vertreibt die gleichnamige von ihrer äußeren Fläche; da sie isolirt steht, so findet diese gleichnamige Elektricität keinen Ausweg als an die äußere Belegung der zweiten Flasche, welche nunmehr die positive Elektricität aus ihrer inwendigen Belegung zu vertreiben strebt. Da diese aber durch die Hand des Experimentators einen Ausweg findet, so kann geschehen, was hier bezweckt wird, und die innere Belegung der zweiten Flasche wird dadurch der positiven verlustig gehen, also negativ geladen werden.

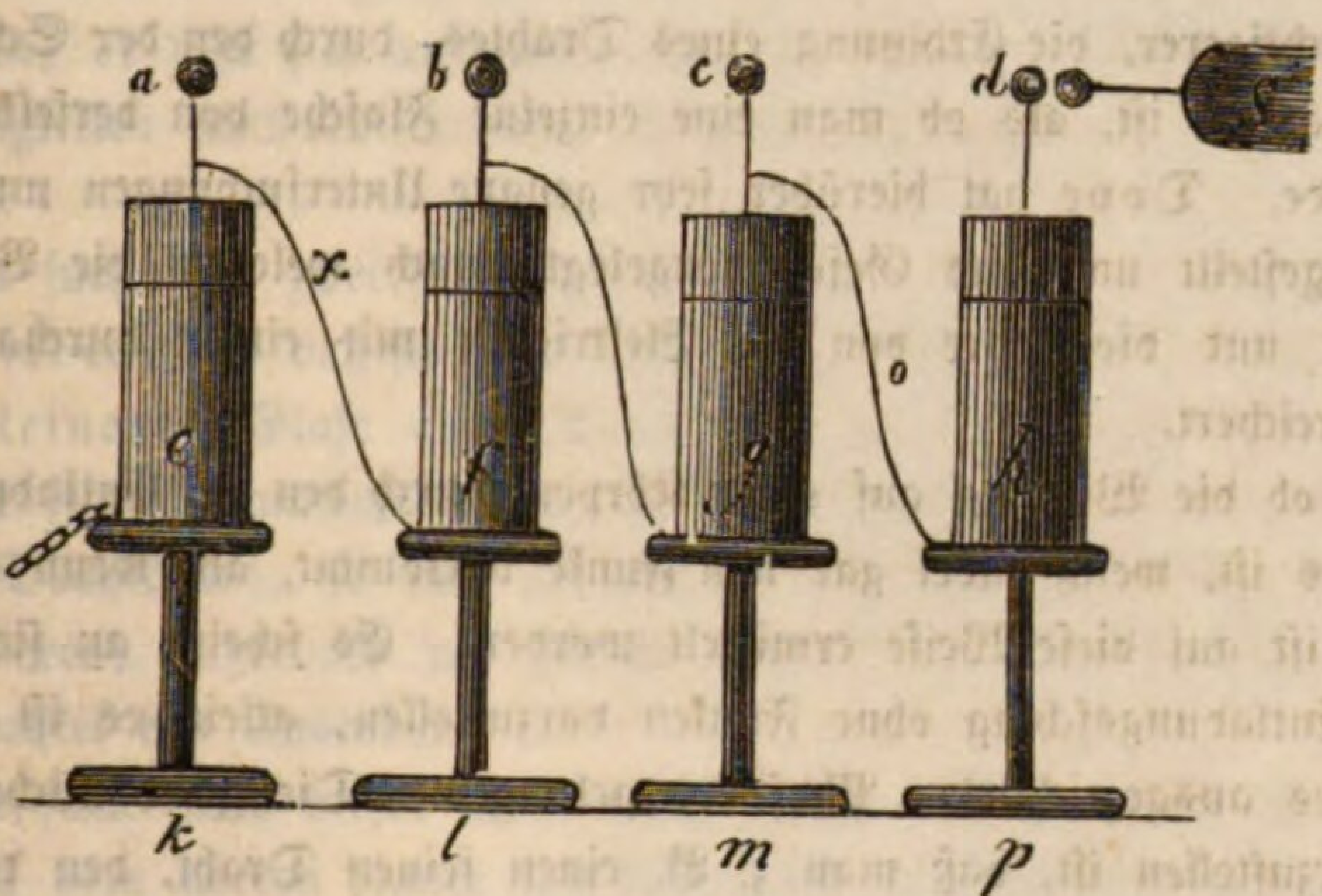
Läßt man den Knopf los und hört man zugleich auf, die erste Flasche zu elektrisiren, so sind beide Flaschen entgegengesetzt und ganz gleich stark geladen.

Wird hierauf dieses Flaschenpaar von einem Menschen in seine beiden Hände genommen, und werden alsdann die beiden Knöpfe miteinander in Berührung gebracht, so erhält der Experimentator einen tüchtigen Schlag und die beiden Flaschen sind jetzt nicht mehr geladen wie in dem vorigen Falle, sondern sie sind beide vollständig entladen, welches, falls es noch eines Beweises bedürfte, zeigen würde, daß sie entgegengesetzt und beide gleich stark geladen waren.

Dove über die Ladung per Cascade.

Das Laden mehrerer Flaschen per Cascade hat Dove auf eine höchst interessante Entdeckung geführt.

Fig. 55.



Man sieht in der Fig. 55 vier Flaschen auf isolirenden Fußgestellen klmp stehen, und kann sich darunter eine eben solche Zusammenstellung von Batterien beliebiger aber gleicher Größe denken. Die Flasche *dh* wird aus dem Conductor *s* geladen, sie (oder die Batterie) giebt durch den Draht *o* die abgestoßene Elektricität der äußeren Belegung an die innere der Flasche oder Batterie *cg*, welche gleichzeitig ihre Elektricität von der äußeren Belegung an *bf* abgiebt, wie diese durch den dritten Draht an *ax*, von welcher letzteren schließlich die abgestoßene Elektricität durch die unten angebrachte Kette oder leitende Schnur in den allgemeinen Leiter „Erdboden" abfließt.

Man kann nunmehr die Drähte durch isolirende Handhaben fortnehmen, die äußeren Belege alle mit einander verbinden, ebenso die inneren, und hat alsdann eine Batterie von vier Flaschen, oder eine von der vierfachen Größe, wie jede derselben mit der Ladung einer einzelnen hergestellt; dies ist die alte Manier, längst bekannt, sehr umständlich und sehr unpraktisch wegen der Entfernung der verbindenden Drähte, wegen der Verbindungen der Flaschen im Zustande der Ladung, was immer unvollkommen sein wird und leicht gefährlich werden kann.

Dove hat die schöne Entdeckung gemacht, daß alle diese Umstände nicht nöthig sind, indem man den ganzen Apparat läßt wie er dasteht und nur die

äußere Belegung der letzten Flasche mit der inneren der ersten verbindet, wodurch gewissermaßen nur eine Flasche entladen ist (die äußere Belegung der letzten mit der inneren der ersten, indem alle dazwischenliegenden zugleich, aber doch nur unter sich, ebenso ausgeglichen und entladen werden), dennoch aber eine Wirkung entsteht, als ob die Flaschen alle auf die vorher beschriebene Art zu einer Batterie verbunden wären, der Entladungsfunke ein viel mächtigerer, die Erhitzung eines Drahtes, durch den der Schlag geht, eine viel stärkere ist, als ob man eine einzelne Flasche von derselben Spannung entlüde. Dove hat hierüber sehr genaue Untersuchungen und Berechnungen angestellt und das Gesetz dargelegt, nach welchem die Verstärkung sich steigert und die Lehre von der Elektricität mit einem durchaus neuen Faktum bereichert.

Auch ob die Wirkung auf einen Körper, durch den der Entladungsschlag geht, anders ist, wenn dabei gar kein Funke vorkommt, als wenn ein solcher stattfindet, ist auf diese Weise ermittelt worden. Es scheint an sich unmöglich, den Entladungsschlag ohne Funken darzustellen, allein es ist doch dem Geiste dieses ausgezeichneten Physikers gelungen. Die gewöhnliche Art den Versuch herzustellen ist, daß man z. B. einen feinen Draht, den der Schlag durchströmen soll, an die äußere Belegung der Flasche bringt, denselben mit dem einen Schenkel des Ausladers verbindet und den anderen, mit einer Kugel versehenen, dem Kopf der Flasche nähert. Hier entsteht eben jedesmal bei der Ausladung ein Entladungsfunke.

Es war wohl möglich, daß bei Vermeidung dieses Funkens die Wirkung eine andere gewesen wäre, aber wie dies anstellen? Dove ist es gelungen, er bringt den Draht (oder überhaupt den zu prüfenden Körper) zwischen die äußeren Belege zweier entgegengesetzt geladenen Flaschen von gleicher Größe (oder Batterien) an, und verbindet hierauf die inneren Belege durch den Auslader, es erfolgt ein doppelter Schlag, der durch den Auslader mit dem Entladungsfunken, der durch die gleichzeitige Entladung der beiden Belege ohne den Entladungsfunken. Das Experiment scheint ganz natürlich und sich von selbst zu verstehen, doch hat es noch Niemand gemacht. Es ist das Ei des Columbus!

Das Resultat war übrigens ein anderes als man erwartet, es war nämlich kein anderes. Dem Temperaturerhöhung, die Stärke des Schlages 2c. ist in beiden Fällen, ob mit oder ohne Erscheinung eines Entladungsfunkens ganz gleich, was man kaum hätte glauben sollen, und was die Thatsache feststellt, daß durch den Funken keine Elektricität verloren geht.

Leidner Flaschen hergestellt mittelst verschiedener Flüssigkeiten.

Wie bereits oben bemerkt, ist der erste Versuch mit einer Verstärkungsflasche gleichzeitig in Preußen und in Holland, in letzterem Lande mit Wasser als innerer Belegung gemacht. Es läßt sich dieser Versuch sehr leicht wiederholen, er läßt sich anwenden, um zu beweisen, daß, wenn die meisten Flüssigkeiten auch Leiter sind, sie doch sehr verschiedene Leitungsfähigkeit haben.

Man suche sich zwei fehlerfreie Gläser aus, welche in Größe (Umfang) so verschieden sind, daß sie beide bequem ineinander passen. Man befestige in dem kleineren Glase einen Draht mit einer Kugel, als ob man eine Kleist'sche Flasche machen wolle, in die äußere hänge man eine leitende Schnur (Drahtkette), so daß sie ziemlich bis auf den Boden kommt; an ihrem anderen, außerhalb der Flasche befindlichen Ende befestige man den einen Schenkel des Ausladers.

Man fülle nach dieser Vorbereitung beide Gläser gleich hoch und bis auf 2 Zoll vom oberen Rande mit Weingeist, so sieht man wohl, daß man eine recht eigentliche Leidner Flasche hat, in der die Belegungen durch Flüssigkeiten vertreten sind (ursprünglich war dies nur mit der inneren Belegung der Fall, hier ist auch die äußere Belegung eine Flüssigkeit, der Weingeist, welcher in den größeren Gefäßen befindlich das kleinere von außen umgiebt).

Wenn dies geschehen, so kann die innere Flasche auf ganz gewöhnliche Weise geladen werden. Nähert man nun den andern Arm des Ausladers dem Knopf der Flasche, so wird man einen kleinen Funken bekommen, schließt man die Verbindung mit der Hand, indem man die Kette mit der einen, die Kugel mit der anderen Hand berührt, so erhält man einen schwachen Erschütterungsschlag.

Füllt man in die beiden Gläser statt des Spiritus reines Wasser, so ist der Schlag, den man von der nunmehr geladenen Flasche erhält, viel stärker; wenn man zu diesem Wasser nur etwas von irgend einer Säure setzt, so ist der Schlag und der Funke noch viel bedeutender und nimmt man gar statt des Wassers eine ziemlich concentrirte Säure (Schwefelsäure, Salpetersäure), so ist der Schlag beinahe so stark als ob die Belegung aus Staniol bestände.

Leitungsunterschied der Flüssigkeiten.

Wie sehr der gute und schlechtere Leiter Einfluß hat auf die Stärke des Schlages, kann man leicht wahrnehmen, wenn man eine mäßig geladene Flasche mit dem Auslader entladet, auf den Glanz des Funkens und die Stärke des Schalles Acht hat, darauf aber dieselbe Flasche eben so stark ladet und sie nun durch eine Kette von funfzehn bis zwanzig Personen entladen läßt. Der Funke leuchtet wenig, ist roth und der Schlag ist kaum hörbar. Es findet hierbei ohne allen Zweifel eine Vergrößerung der Entladung statt.

Dasselbe Experiment läßt sich ohne eine Menschenreihe mittelst des allgemeinen (Henly'schen) Ausladers machen.

Man sucht sich eine starke und etwa ½ Zoll im Innern weite Glasröhre aus, versieht dieselbe mit zwei passenden Korkstöpseln und führt durch diese die beiden Drähte des Ausladers, so daß sie im Innern der Röhre weniger als $^1/_{12}$ Zoll von einander abstehen. Hierauf füllt man die Röhre mit einer Flüssigkeit ganz an, so daß die beiden einander gegenüberstehenden Spitzen darin stehen.

Wenn man einen Schlag von einer geladenen Flasche von 2 Quadratfuß hindurchgehen läßt, so wird man, wenn die Flüssigkeit eine Säure war, einen lauten Schall des Funkens hören; die Röhre zu zertrümmern wird nicht gelingen, selbst bei der stärksten Ladung einer Batterie von 20 Quadratfuß würde es nicht möglich sein, auch bei einer sehr verdünnten Säure noch nicht; schon Salpeter ist ein so guter Leiter, daß er den Schlag, wiewohl unter weniger lautem Schalle, hindurchläßt, allein sobald man reines kaltes Wasser anwendet, wird von 2 Quadratfuß belegter Fläche die Glasröhre in tausend kleine Splitterchen zertrümmert.

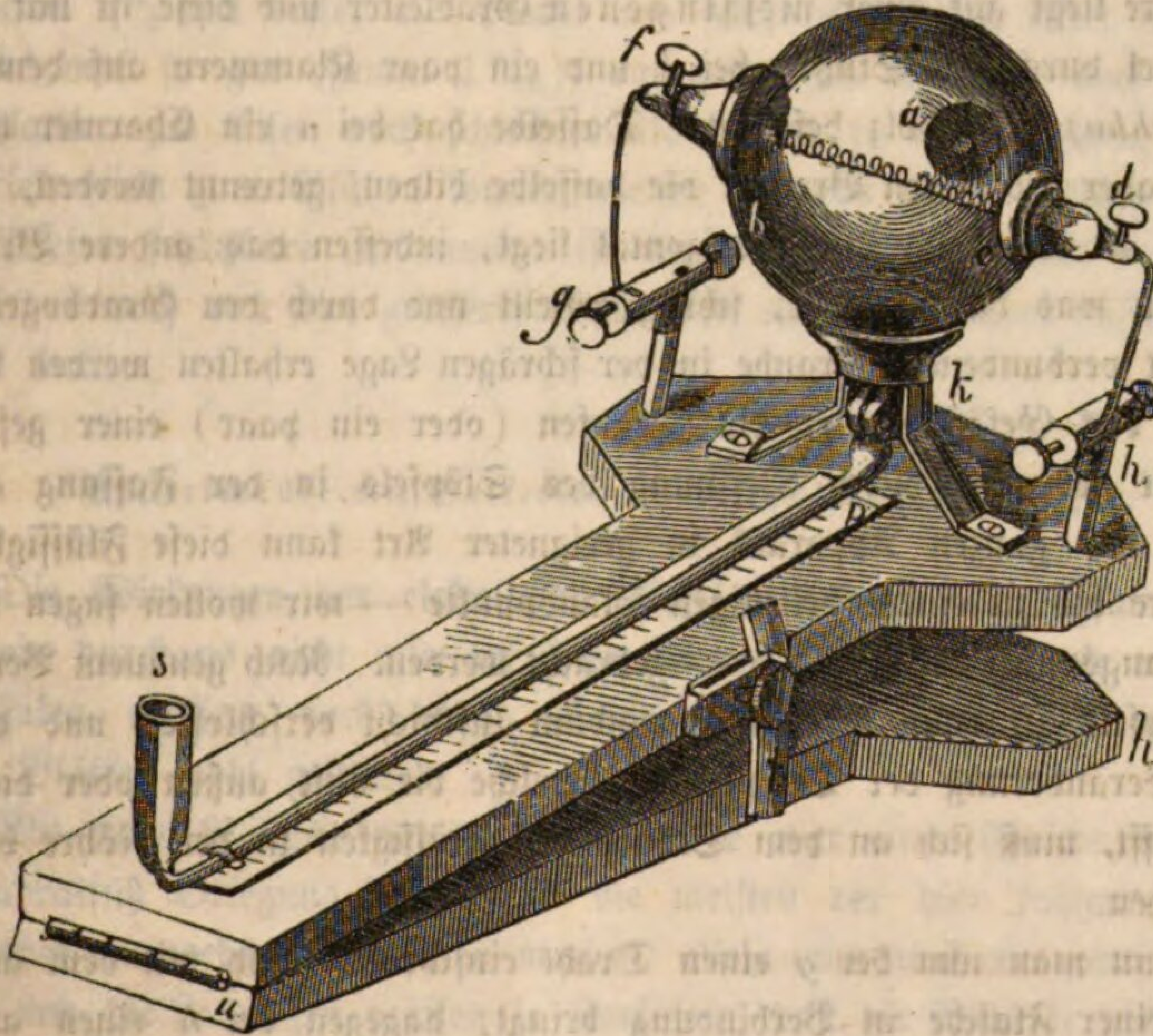
Die Leitungsfähigkeit des Wassers ist nämlich nicht groß genug, um den Funken zwischen den beiden Spitzen ungehindert übergehen zu lassen, er muß einen Widerstand überwinden, er wird als Funke sichtbar. Dieser Funke aber zersetzt ein paar Atome Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff, was eine Explosion veranlaßt, diese ist wieder so gewaltig, daß nicht die beiden Korke an dem Ende der Glasröhre hinausgeworfen werden, sondern daß ein mehrere Zoll langes Stück Glas von der Röhre zertrümmert wird, indeß die Korke mit den Drähten in den übrig bleibenden unverletzten Röhrenstücken unverrückt sitzen bleiben.

Macht man dies Experiment mit einer Röhre, welche mit Weingeist gefüllt ist, so wird dieselbe schon zertrümmert, wenn man nur einen Schlag von einer mäßig geladenen Flasche von 1 Quadratfuß hindurchgehen läßt.

Leitungsfähigkeit der Metalle.

Auch bei Metallen läßt sich die Leitungsfähigkeit ermitteln durch die mehr oder mindere Erhitzung, welche sie bei einem elektrischen Schlage von gleicher Stärke erleiden, allein um etwas Genaueres darüber zu finden, muß man ein Luftthermometer haben, welches zu elektrischen Versuchen eingerichtet ist. Ein solches, von dem mit Recht berühmten Mechanikus **Kleiner** in Berlin erdacht, ist in der hier beigegebenen Figur dargestellt. *a* ist eine

Fig. 56.



Glaskugel von 3—4 Zoll Durchmesser. Dieselbe hat vier Oeffnungen, bei *a*, bei *b*, bei *c* und bei *k*. Alle vier sind mit metallenen Fassungen versehen. *a* hat auch einen Metallstöpsel und dient zu nichts weiter als die äußere Luft mit der inneren in Verbindung zu bringen, in gleiche Spannung zu versetzen. *fb* und *dc* sind messingene Fassungen, luftdicht aufgekittet, mit Röhren, in denen der zu prüfende Draht ruht, derselbe muß nämlich sehr fein gezogen und bei allen Metallen von gleicher Dicke sein, ein immer gleich langes Stück ist schraubenförmig gewickelt, wie in der Mitte der Kugel zu sehen, und geht von der Fassung *cd* nach der Fassung *fb*.

An den äußeren Enden hat diese Fassung Hülsen mit Schrauben, die durch starken Draht mit Klammern in Verbindung stehen, *g* und *h*, die auf dem Gestelle befestigt sind. Diese letzteren dienen, um die Zuleiter zu dem elektrisch geladenen Apparat aufzunehmen.

ps ist eine Glasröhre von der Stärke eines sehr dünnen Barometerrohres oder eines sehr starken Thermometers. Dasselbe ist bei *p*, innerhalb der metallenen Fassung *k* (welche auf den bei der Figur sehr deutlich sichtbaren Stützen steht), mit der Glaskugel *a* zusammengeschmolzen. Glasbläser machen dies mit großer Geschicklichkeit. Ebenso hat die Glasröhre an ihrem anderen Ende ein Gefäß, wie ein schmaler, etwas hoher Fingerhut. Gefäß, Röhre und Kugel bilden ein Stück und stehen mit einander in Verbindung. Die Röhre liegt auf einer messingenen Gradleiter und diese ist mit Röhre und Kugel durch die Stützen bei *k* und ein paar Klammern auf dem Fußgestell (*khhu*) von Holz befestigt. Dasselbe hat bei *u* ein Charnier und es können daher die beiden Bretter, die dasselbe bilden, getrennt werden, so daß das eine *uh* auf dem Tisch horizontal liegt, indessen das andere Brett *uk* mit allem was darauf steht, schräg gestellt und durch den Gradbogen und die damit verbundene Schraube in der schrägen Lage erhalten werden kann.

In das Gefäß *s* wird ein Tropfen (oder ein paar) einer gefärbten Flüssigkeit gebracht; durch Oeffnung des Stöpsels in der Fassung *a* und Neigung des ganzen Apparats in geeigneter Art kann diese Flüssigkeit in der Röhre bis zu einem beliebigen Standpunkte — wir wollen sagen bis zu dem Anfangspunkt der Skala *p* — gebracht werden. Nach genauem Verschluß des Stöpsels ist dann die Kugel rundum luftdicht verschlossen und die geringste Veränderung der Temperatur, welche die Luft außen oder die Luft innen trifft, muß sich an dem Stande der Flüssigkeit in der Röhre bemerkbar machen.

Wenn man nun bei *g* einen Draht einschraubt und mit dem äußeren Belege einer Flasche in Verbindung bringt, dagegen bei *h* einen anderen Draht befestigt, der mit einem Schenkel des Ausladers verbunden ist, und die Kugel des anderen Schenkels nunmehr die geladene Flasche an ihrem inneren Belege trifft, so entsteht ein Entladungsschlag. Die beiden Elektricitäten nehmen den Weg von dem Knopf der Flasche durch *hd* und von der äußeren Belegung derselben Flasche durch *gf* nach der Spirale, in welcher positive und negative Elektricität sich ausgleichen.

Durch diese Ausgleichung wird der Draht erhitzt, und zwar, je besser er die Elektricität leitet, d. h. je weniger er ihrem Durchgange Hinderniß in den Weg setzt, desto weniger, es zeigt sich dieses daran, daß er die ihn umgebende Luft in dem Elektro-Thermometer mehr oder minder erwärmt,

wodurch der sogenannte Index, die gefärbte Flüssigkeit in der Röhre festgeschoben wird. Am wenigsten findet dieses beim Kupfer statt, welches die Elektricität am besten leitet, am meisten bei Eisen, das sie am schlechtesten leitet. Ebenso kann man durch dieses Instrument erfahren, wieviel Elektricität zu gleicher Wirkung bei verschiedenen Metallen erforderlich ist. Rieß hat gefunden, daß wenn man Eisen, Neusilber, Platin, Palladium, Messing, Silber und Kupfer durch einen elektrischen Schlag zum Glühen bringen will (vorausgesetzt, die sämmtlichen Metalle sind von gleicher Länge und gleicher Dicke), man bei Kupfer 6mal so viel Elektricität braucht als bei Platin, bei Silber nur 5mal so viel. Es leitet also Kupfer 6mal so viel Elektricität als Platin durch eine Masse von gleichen Dimensionen. Messing leitet 2½mal besser als Platin und selbst Palladium leitet noch mehr wie 1½mal so gut (genau $1\frac{7}{10}$), dagegen leitet Neusilber noch schlechter als Platin, und Eisen noch schlechter als dieses, so daß es schon mit $\frac{8}{10}$ der Elektricität zum Glühen kommt, welche für das Platin nöthig ist.

Dieses schätzbare Instrument ist für einen andern Theil der Elektricitätslehre noch von viel größerer Wichtigkeit und wir werden dasselbe näher kennen lernen.

Experimente mit Batterien oder sehr großen Flaschen.

Die Wirkungen der elektrischen Schläge sind so mannigfaltiger Art, daß wir durchaus nicht alle aufzählen können und uns auf die wichtigsten beschränken müssen, doch davon einige anzuführen wird uns der Raum dieser Blätter wohl gestatten.

Mit einer Batterie von mäßiger Größe oder einer Flasche von 2 bis 3 Quadratfuß Belegung kann man die meisten der hier folgenden, sowie die bisher angegebenen Versuche machen, allein man muß eine gute Maschine haben und die Ladungen müssen so stark sein, daß die Batterie dicht an der Grenze der Selbstentladung steht.

Zu vielen Versuchen ist der allgemeine Auslader unentbehrlich, weil er das bequemste Mittel ist, die Versuche anzustellen, und weil sie nur auf diese Weise angestellt werden können, man sich also, wenn man diesen Henly'schen Auslader nicht hat, bei jedem neuen Versuch etwas zusammenbauen und basteln muß, was ihn ersetzen soll, und was ihn doch nur immer zur Noth ersetzt.

Funken über Wasser geleitet.

Der Entladungsfunke einer Flasche von bestimmter Ladung hat eine gewisse Länge; läßt man diesen Funken jedoch über eine Wasserfläche gehen, so wird er bedeutend verlängert. Man stellt dazu die Kugeln des allgemeinen Ausladers bei einer Batterie, welche bei der gegebenen Ladung einen Entladungsfunken von 2 Zoll haben würde, 3 Zoll weit auseinander, verbindet nun, wie wir dies zum letzten Male sagen wollen, den einen Zuleitungsdraht des Ausladers mit der äußeren Belegung der Flasche, den andern mit dem einen Schenkel des gewöhnlichen Ausladers und führt den andern Schenkel desselben mit seiner Kugel möglichst rasch gegen den Knopf der Flasche oder Batterie. (Dies alles wiederholt sich bei jedem Versuch, braucht also nicht mehr gesagt zu werden.)

Wenn die Entladung geschieht, so wird der Funke nahe über die Wasserfläche gehen und also statt vorher 2, nunmehr 3 Zoll Zwischenraum überspringen. Dies muß übrigens ausprobirt werden; man kann den Funken nicht selten 2½ mal so lang bekommen (also bei gegenwärtig gedachtem Beispiel statt 2 Zoll, 5 Zoll lang); es giebt jedoch auch Fälle, in denen die Verlängerung um die Hälfte zu groß ist.

Colophonium oder Schießpulver zu entzünden.

Wenn man den Versuch wiederholt und dabei auf das Wasser recht fein geriebenes Harz (Colophonium) streut, so wird dieses, wenn der Funke gut geleitet ist, sich entzünden, ganz gewiß, wenn man zwischen den einen Draht des Henly'schen Ausladers und der äußeren Belegung der Flasche ein Stück nassen Bindfaden eingespannt hat.

Unter derselben Voraussetzung kann man auch Schießpulver entzünden; hierzu bedarf man in der Regel eines besonderen Apparats, allein es läßt sich auch mit dem für die Entzündung von Weingeist S. 103 beschriebenen bewerkstelligen. Man legt auf das Gefäß von Metall, in welchem der Spiritus entzündet werden soll, eine kleine Kugel von Schießpulver mit ein wenig Mehlpulver vermischt. Der Leitungsdraht zum Knopf der Flasche muß mit seiner Kugel so gestellt werden, daß er die Spitze des Pulverkegels gerade berührt, der andere Draht steht so, daß er die Schale, in welcher das Pulver liegt, auswendig berührt. Vor diesem Draht geht ein Stück dicker Bindfaden etwa 1 Fuß lang, gut durchnetzt, nach der äußeren Belegung der Flasche (Batterie), womit er sehr innig verbunden sein muß.

Ist die Batterie geladen und alles wie angegeben vorgerichtet, so nähert man sich mit dem einen Schenkel des Ausladers schnell dem Knopf der Batterie und nun geht der verzögerte Schlag durch die ganze Höhe des Pulverkegels und entzündet denselben unfehlbar.

Wird kein nasser Bindfaden, sondern ein gewöhnlicher metallischer Leiter angewendet, so ist der Entladungsfunke von mehr mechanischer als zündender Wirkung, er zerstreut das Pulver und es fängt nicht Feuer, etwas, das wir auch im Großen häufig wahrnehmen, wo der Blitz die Eiche spaltet, ohne sie zu entzünden, indeß ein schwächerer, nicht so gewaltig rascher Schlag sie entzündet, ohne sie zu spalten.

Wickelt man etwas Schießbaumwolle zusammen und bringt diese zwischen die Kugeln des Henly'schen Ausladers, so entzündet der durch den nassen Leiter gehemmte elektrische Schlag auch diese, in der Verzögerung scheint die zündende Wirkung ihren Grund zu finden, und eine solche Verzögerung läßt sich bei dem elektrischen Luftthermometer nachweisen, da durch die längere Dauer des Schlages der eingespannte Draht um ein Bedeutendes stärker erwärmt wird, als wenn der Schlag direkt und ohne dazwischenliegenden nassen Leiter seinen Weg macht.

Nimmt man statt der Schießbaumwolle ein Stück gut zubereiteten Feuerschwamm, so entzündet sich auch dieser, ist dagegen die Zuleitung nicht durch einen nassen Faden gehemmt, so wird auch der beste Schwamm nicht entzündet, sondern durchlöchert.

Durchbohrung von Pappe durch den elektrischen Schlag.

Die mechanischen Wirkungen des raschen Schlages sind überhaupt auffallend.

Wenn man die Drähte des Henly'schen Ausladers horizontal stellt und sie so sehr nähert, daß sie ein Stück dazwischen gestellte Pappe (bis zu ¼ Zoll Dicke) beiderseitig berühren und dann einen Schlag hindurchgehen läßt (ohne Verzögerung durch den nassen Faden), so wird man ein großes Loch wie mit einem Nagel hindurchgestoßen in der Pappe finden, welches jedoch das Auffallende hat, daß die Ränder des Loches auf beiden Seiten der Pappe erhaben erscheinen, daß man nicht sagen kann, der elektrische Strom sei von der positiven oder von der negativen Seite gekommen, sondern zugestehen muß, es habe den Anschein, als sei im Innern der Pappe eine Explosion vor sich gegangen, welche nach beiden Seiten gleich gewirkt habe.

Wiederholt man den Versuch jedoch so, daß man statt der Pappe

fünf bis sechs Kartenblätter zwischen die Drähte des Ausladers stellt und dann einen raschen Schlag hindurchgehen läßt, so findet man alle Blätter durchbohrt und bei jedem einzelnen sieht man die Ränder der Oeffnungen nach beiden Seiten erhöhet. Das geglättete Kartenpapier ist übrigens sehr schlecht leitend und setzt dem Durchschlagen des Funkens großen Widerstand entgegen, so daß es fast unmöglich ist, durch ein ganzes Spiel Karten zu schlagen, es macht der Funke eher den dreimal längeren Weg, er geht längs des obersten Blattes quer über das Spiel und an der äußeren Kante desselben um das ganze Spiel herum, leichter als daß er das Spiel durchbohrte. Mittelst einer sehr stark geladenen Batterie ist es zu bewerkstelligen, allein die Blätter des Spiels müssen die doppelte Ausdehnung haben, so daß der Entladungsfunke nicht mehr um das Spiel herum kam.

Glas zu durchbohren oder zu zersprengen.

Sowie die Pappscheibe, so wird auch eine dünne Glasscheibe durchlöchert, eine starke Spiegelscheibe aber zu durchbohren gelingt den gewöhnlichen Mitteln nicht. Dagegen ist es leicht, durch den Druck der Luft ein paar Glastafeln zu zersprengen.

Man legt zwei Streifen Staniol von ½ Zoll Breite zwischen ein paar nicht dicke Glastafeln, etwa von der Größe einer gewöhnlichen Karte. Die Streifen müssen in entgegengesetzter Richtung laufen und einen Zwischenraum von etwa 1 Zoll zwischen sich lassen, auf beiden Enden aber aus den zusammengelegten Glastafeln herausragen. Diese Tafeln nun werden mit einem Streifen Papier und etwas venetianischem Terpentin aneinander geklebt. Bringt man sie alsdann zwischen die Drähte des allgemeinen Ausladers, so daß der eine Draht auf dem Tischchen liegend den einen Staniolstreifen, den andere Draht den zweiten berührt und läßt nun einen raschen Schlag hindurchgehen, so werden gewöhnlich beide Platten zertrümmert.

Ein Stück des festesten Eichenholzes, etwa so groß wie ein gewöhnlicher Weinpfropfen, wird von beiden Seiten angebohrt, dergestalt, daß die Spitzen der Drähte des Henly'schen Ausladers in die Bohrungen passen und im Innern des Holzes etwa ¾ Zoll auseinander stehen. Läßt man hier einen starken Schlag hindurchgehen, so wird das Holz aufgerissen, ja in mehrere Stücke zersprengt.

Will man die Wirkung des Blitzes im Kleinen nachahmen, so giebt die folgende Figur 57 eine Anleitung dazu. Sie stellt die Giebelwand eines Hauses vor, welche mit einem Blitzableiter versehen ist. Derselbe, ein Draht mit einer Kugel oben und einem Häkchen unten versehen, geht

Fig. 57.



von *B* nach *C* längs der Wand des Häuschens herab. Die oben befindliche Kugel ist bestimmt, den Batteriefunken aufzunehmen, der untere Haken *C* dient zum Anschluß an die äußere Belegung. Bei *D* ist in die Wand eine Oeffnung ausgetieft, in welche ein viereckiges Stückchen Brett gerade recht genau paßt, ohne daß es festsäße. Der Draht *BC* ist hinter diesem Brettchen bei dem Querstrich unterbrochen, so daß bei der Entladung der Batterie durch den Blitzableiter hier ein Funke entsteht. Dieser Funke, nach der Entfernung der beiden Drahtenden von einander und nach der Stärke der Batterie mehr oder minder gewaltig, ist doch jederzeit von so explodirender Wirkung, daß er das eingesetzte Brettstückchen aus seinen Fugen hinausschleudert.

Man kann das Experiment noch viel auffallender machen, so daß dasselbe einen wirklich schönen Anblick, etwas ganz Ueberraschendes bietet, dies geschieht durch Umänderung des hier beschriebenen Apparates in das sogenannte Donnerhaus; da wir jedoch der atmosphärischen Elektricität, dem Blitze und Blitzableiter einen besonderen Abschnitt widmen müssen, so werden wir erst bei dieser Gelegenheit davon sprechen.

Einer der unterhaltendsten Versuche ist folgender: Man läßt sich aus trockenem Buchsbaumholz einen kleinen Mörser drehen, welcher auch ganz auf die Art derselben gebohrt ist, d. h. hinter dem Lauf eine Pulverkammer hat. Siehe die nebenstehende Figur.

Fig. 58.



Der ganze Mörser muß in Leinöl gelegt, zwei bis drei Tage darin gelassen und dann an der Sonne getrocknet werden, hierauf schleift und polirt ihn der Drechsler und bohrt kleine Löcher von außen in die Pulverkammer, in welche man Drähte mit Oehsen einschraubt, deren vordere Enden möglichst gut abgerundet sind. Den Mörser legt man, wie es im Großen geschehen würde, auf eine Lafette von Holz und diese selbst wird mit Kitt auf einer dicken Glasscheibe befestigt.

Soll der Versuch gemacht werden, so bringt man in die Pulverkammer so viel Wasser oder Weingeist, daß sie ziemlich voll davon ist, daß jedoch die hölzerne oder Marmorkugel, welche man in den Lauf fallen läßt, nicht davon berührt wird.

Läßt man durch die Drähte, welche von der Seite in die Pulverkammer hineinragen, einen starken Schlag gehen, so wird das Wasser so heftig zertheilt, daß es wie plötzlich entwickelter Dampf wirkt und die Kugel mit solcher Gewalt herausschleudert, daß man sich sehr hüten muß, den Lauf des Mörsers gegen eine Fenster- oder Spiegelscheibe zu richten, denn diese würde unfehlbar zertrümmert werden.

Wärmewirkung der Elektricität.

Auch die Wärmewirkungen einer Batterie oder einer großen Flasche sind sehr bedeutend. Daß Weingeist, Schießpulver, Baumwolle ꝛc. angezündet werden kann, haben wir bereits gesagt, nachträglich wollen wir noch hinzufügen, daß wenn man in ein Bierglas ein Loch bohrt, da hinein einen Draht steckt, der mit Wachs befestigt wird, das Glas voll Wasser füllt und darauf etwas Schwefeläther gießt, welcher bekanntlich obenauf schwimmt, ohne sich mit demselben zu mischen, diesen gleichfalls durch einen elektrischen Funken anzünden kann, in der Regel muß dies aber der Funke einer Flasche sein (daher hier der Platz für dieses Experiment) und nicht der eines Conductors (wie für Weingeist oder Knallgas genügt), denn derselbe schlägt nicht mit der nöthigen Kraft durch das Wasser hindurch.

Viel auffallender als das eben angeführte Experiment, welches einem früheren analog, ist das folgende:

Man hänge an einen recht feinen Draht von beliebigem Metall ein Gewicht, welches derselbe bequem zu tragen vermag (würde der Draht z. B. bei 10 Pfund reißen, so hänge man nur 5 Pfund an denselben); seine Länge sei 12 Zoll. Man lasse nun einen Entladungsschlag von mäßiger Stärke hindurchgehen, so wird der Draht sich um 1 Zoll verlängern, noch einen zweiten Schlag von größerer Stärke, so wird der Draht, wenn es z. B. Eisendraht (Clavierdraht) war, blau werden und sich noch mehr verlängern.

Wollte man das Experiment weiter treiben, so würde der Draht zerreißen. Um stärkere Grade von Elektricität durch einen solchen Draht gehen zu lassen, muß derselbe zwar gespannt, doch nicht durch ein Gewicht gereckt werden, so daß er durch dieses bei der Erhitzung nicht an Länge zunimmt.

Wenn man nunmehr durch den feinen Clavierdraht einen sehr starken Schlag gehen läßt, wird man sehen, daß derselbe seiner ganzen Länge nach zum Glühen kommt, und bei noch größerer Vermehrung der Elektricität schmilzt und in tausend Splitterchen zerreißt.

Wenn man aber statt des Eisendrahtes einen Kupferdraht anwendet, so wird dieser zwar heiß aber nicht glühend werden, noch weniger schmelzen, oder man muß eine 6 bis 7mal größere Menge Elektricität anwenden, andererseits muß der Kupferdraht viel feiner, oder endlich bei gleicher Dicke viel kürzer sein.

Sehr auffallend ist es, wenn man an Stelle des Drahtes einen echten Silberfaden, d. h. einen Faden Seide mit Silber übersponnen setzt. Dieser Silberlahn, mit welchem der Faden übersponnen, ist viel feiner als der Faden, den er umgiebt. Bringt man ein Stück von diesem in den Weg des Entladungsschlages, so wird der Draht geschmolzen in Kügelchen herabrollen und der Faden Seide bleibt völlig unverletzt.

So paradox dies auch scheinen mag, ist es doch vollkommen naturgemäß, denn der Seidenfaden ist ein Isolator, der von der Elektricität gar nicht berührt wird; das Schmelzen und Herabrollen der geschmolzenen Kügelchen geht in einer so kurzen Zeit vor sich, daß während derselben ein Versengen oder Verbrennen des Fadens gar nicht möglich ist. Denn die geschmolzenen Metallkügelchen, welche dies bewirken könnten, fallen herab, ehe sie ihre Wirkung üben.

Schmelzversuche.

Das schönste und auffallendste der in diese Klasse gehörenden Experimente ist das Einbrennen, Einschmelzen des Goldes in Glas, oder das Oxydiren desselben zu Goldpurpur.

Zwischen zwei gleich großen Glastafeln (etwa von der Größe der Spielkarten) legt man zwei ½ Zoll breite Streifen Staniol, so daß sie um die Länge eines geschlagenen Goldblattes (2½ Zoll) auseinander stehen. Auf den leer gelassenen Raum trägt man ein Streifchen Blattgold (echtes) solchergestalt auf, daß seine Enden die Staniolstreifen berühren und es zwischen ihnen gerade gestreckt liegt; seine Breite darf höchstens ⅛ Zoll betragen. Die beiden Glastafeln klebt man an den Ecken mit Klebwachs zusammen, legt sie auf das Tischchen des allgemeinen Ausladers und läßt nun einen Schlag von einer mäßig großen Flasche (2 Quadratfuß Belegung) hindurchgehen. Ob das Experiment gelungen ist, kann man während desselben sehen. Ist der Schlag sehr laut gewesen und hat die Stelle, wo das Gold lag, in ihrer ganzen Länge wie ein Blitz geflammt, so ist es gelungen, geschah dies nicht, so muß man es mit einer stärkeren Ladung wiederholen.

Alsdann wird man beim Auseinandernehmen der Platten das Gold in

beiden eingebrannt finden, und kein Wischen, Kratzen oder Waschen bringt es mehr fort. Hier ist das Metall durch den elektrischen Schlag (Entladungsfunken) geschmolzen und ist zugleich mit der Oberfläche des Glases eine chemische Verbindung eingegangen, so daß es damit ein Körper geworden zu sein scheint.

Wenn man alles auf die eben angegebene Weise macht, und statt der Glastafeln Kartenpapier nimmt, dann den Schlag durch das Gold gehen läßt, so ist nunmehr nicht sowohl das Gold eingebrannt, als es verkalkt, oxydirt erscheint, denn die Stelle, wo es gelegen, ist mit einem scharf gezeichneten rothen Strich von der Breite des Goldstreifchens und mit einem dreimal so breiten verwaschenen blaßrothen Rande versehen.

Von der Zeit, welche der elektrische Funke braucht.

Die ungemeine Schnelligkeit, mit der diese Vorgänge sich ereignen, hat allgemein in Verwunderung gesetzt, und die Gelehrten vom Fache noch mehr als die Laien. Denn die Kraft des elektrischen Schlages ist so groß und tritt so plötzlich auf, daß sie, wie bereits bemerkt, die Glasröhre in dem oben angegebenen Versuche zertrümmert, ohne die leicht eingefügten Korkstöpsel aus den Röhrenenden zu treiben. Aus diesen und anderen Ursachen hat man sich bemüht, die Geschwindigkeit der Elektricität zu ermitteln. Daß sie sehr groß sei, war Niemandem zweifelhaft. Der elektrische Funke, welcher zwischen einer Wolke und der Erde oder in noch größerer Länge zwischen zwei verschieden geladenen Wolken übersprang, erschien momentan in seiner ganzen Ausdehnung von einer halben, einer ganzen Meile; man sah nirgends einen Anfang oder ein Ende, sah ihn nicht kommen und gehen, er war da und verschwand in einem untheilbaren Augenblick, allein was ist eine Meile für die Elektricität, und wie eng sind die Grenzen der Beobachtung hinsichtlich der Zeit? Der Mensch ist ja gar nicht im Stande $^1/_{10}$ Secunde zu fassen, abzutheilen, wie er z. B. eine Secunde, eine Minute abtheilen kann; bei einer Secunde vermag er noch zu dem Bewußtsein zu gelangen, daß sie jetzt beginne und nun aufhöre, bei $^1/_{10}$ Secunde ist dies schon völlig unmöglich, obwohl man Tertienuhren hat, d. h. solche, die den sechszigsten Theil einer Secunde zeigen sollen, dies jedoch nicht thun, weil es unmöglich ist, sie zu beobachten. Eine Secundenuhr hat einen Zeiger, welcher in einer Minute das ganze Zifferblatt umkreist; eine Tertienuhr ist eine solche, bei welcher der Zeiger *diesen* Weg um das ganze Zifferblatt *in einer Secunde* macht. Wer ist im Stande, bei dieser Bewegung dem Zeiger auch mit der größten Aufmerksamkeit von $^1/_{60}$ zu dem andern $^1/_{60}$,

d. h. von einer Tertie zur andern zu folgen, man sieht nur in der Zeit, in der man geschwinde „eins, zwei, drei, vier" zählen kann, den Zeiger einen Kreislauf vollenden, nicht aber von Tertie zu Tertie gehen, und in so einer Tertie legt doch die Erde innerhalb ihrer Bahn die Strecke von 1600 Fuß zurück.

Eine so furchtbare Schnelligkeit dies aber schon ist, so fühlte sich für den Kundigen doch heraus, daß die Elektricität noch viel schneller gehen müsse und es wurden viele Versuche gemacht, dahinter zu kommen.

Einige zufällige Beobachtungen erhöhten noch das Interesse an der Sache.

Quecksilbertropfen im Scheine des Funkens.

Wenn man aus einem Quecksilbergefäß mit sehr feiner Oeffnung einen Quecksilberstrahl ausfließen läßt, so sieht man ihn bei Tage oder bei Lichtschein ununterbrochen, man glaubt nicht, daß er aus lauter von einander gesonderten Perlchen bestehe und es ist auch bei der größten Aufmerksamkeit darauf unmöglich, dies zu sehen, denn die Perlchen, welche diesen Strahl bilden, sind so außerordentlich klein und folgen in einer so großen Schnelligkeit auf einander, daß sie für das Auge zusammen zu hängen scheinen, wie auch eine im Kreise geschwungene glimmende Kohle einen ganzen Kreis beschreibt, obschon sie doch immer nur in einem Punkte des Kreises ist (der Eindruck auf das Auge dauert länger als ihre Anwesenheit in dem Punkte, den sie einnimmt).

Stellt man aber den Versuch mit dem ausfließenden Quecksilber im Finstern an und beleuchtet den Vorgang von Zeit zu Zeit durch einen elektrischen Funken, so sieht man in dem Moment des Erscheinens dieses Funkens das fließende Quecksilber als eine an dem Gefäß hängende stillstehende Perlenschnur.

Das zum ersten Mal ohne Absicht, rein zufällig angestellte Experiment, lehrte, daß der elektrische Funke eine so außerordentlich kurze Zeit dauere, daß der fallende Tropfen in seiner Stellung überrascht wird durch die plötzlich erscheinende und eben so schnell verschwindende Beleuchtung. Es ist schwer, dies Experiment zu beschreiben, man muß es sehen, um seine Beweiskraft zu begreifen. Die Tropfen fallen immerfort, jeder einzelne ist gefolgt von einem andern, jedem einzelnen geht ein anderer vorher, alle zusammen fließen so schnell, daß man sie für zusammenhängend hält und der feine glänzende Quecksilberstrahl aussieht wie ein Stück einer gut polirten feinen Stricknadel, glatt und blank. Nun entzieht die Dunkelheit ihn

unsern Augen, da tritt der elektrische Funke ein, und derselbe ergiebt sich als so kurz, so völlig ohne Dauer, daß keiner der Tropfen während der Zeit der Beleuchtung weiter rückt, wirklich still zu stehen scheint.

Welch' eine unfaßlich kurze Zeit muß der leuchtende Funke demnach zu seiner Erscheinung brauchen!

Ein Kreisel im elektrischen Licht.

Etwas Aehnliches zeigt ein anderes Experiment: wenn man einen gewöhnlichen Kreisel, wie er als Spielwerk für Kinder bei jedem Drechsler zu haben ist, auf seiner oberen, halbkugelförmigen Fläche mit schwarz und weißen Streifen bemalt und ihn nun von der Pritsche laufen läßt, so sieht die bemalte Fläche hellgrau aus. Wird das Experiment in der Nähe einer Elektrisirmaschine im Dunkeln gemacht und entladet man eine Flasche, während der Kreisel sich dreht, so scheint dieser still zu stehen und man erblickt die bemalte Fläche, wie sie wirklich im ruhenden Zustande ist, schwarz und weiß gestreift, gleichviel ob der Streifen 20 oder 30 sind, oder ob die Fläche einfach getheilt, eine Hälfte schwarz, die andere weiß ist, man erblickt die Zeichnung oder Theilung bis in ihre feinsten Einzelnheiten, der Funke ist hell genug, um alles zu zeigen, das Auge ist scharf genug, um in dem untheilbaren Augenblick der Beleuchtung alles zu erkennen, allein die Beleuchtung dauert nicht lange genug, um dem schwingenden Kreisel zu gestatten, von seinem eigenen Umfang auch nur den tausendsten Theil zurückzulegen.

Wenn man statt des Kreisels vom Drechsler einen metallenen aus den Händen des Mechanikus hat, so geht nicht nur alles viel leichter und sicherer, der Schwung dauert viel länger (der Verfasser besitzt einen Kreisel mit einer Bleiplatte von 6 Pfund, welcher auf einem Porzellanteller, der geölt ist, ½ Stunde lang läuft), sondern die Bewegung selbst ist sehr viel schneller und der Kreisel vermag durch einen kräftigen und raschen Arm in Bewegung gesetzt 200 Umdrehungen in der Secunde zu machen. Trotz dieser unglaublichen Schnelligkeit, vermöge deren ein 100ster Theil des Kreises in einem 20,000sten Theil einer Secunde durchlaufen wird, sieht man auch diese Bewegung bei dem Scheine des elektrischen Funkens nicht, der Funke kann also nicht einmal die Dauer eines 20,000sten Theiles einer Secunde haben.

Fernere Beobachtungen und Berechnungen haben erwiesen, daß seine Dauer den 10,000,000sten Theil einer Secunde betrage.

Mittel die Schnelligkeit der Elektricität zu messen.

Gestützt auf diese Thahtsache, versuchte man die Geschwindigkeit des elektrischen Stromes zu bestimmen, und schon die Physiker **Ritter**, **Erman** der Aeltere &c. haben ausschließlich hierauf gerichtete Versuche gemacht mit langen Drahtleitungen, mit Flußgerinnen &c. Allein ihre Beobachtungsmittel waren durchaus nicht genügend und erst in neuerer Zeit ist es dem englischen Physiker **Wheatstone** gelungen, einen Apparat zusammenzustellen, welcher das Genügende leistet. Ein sehr kleiner Spiegel nämlich wird durch ein Räderwerk so schnell umgedreht, daß er 800 ganze Umdrehungen in *einer* Secunde macht; in diesem so gedrehten Spiegel beobachtet man das Bild elektrischer Funken. Würde nun der Funke *gar keine Zeit* brauchen, so würde man auch in diesem sich drehenden Apparat ihn nur als einen Funken sehen, da er aber sich *keineswegs* als *glänzender Punkt*, sondern als glänzende *Linie* zeigt, so ist dies allein Beweis, daß der Funke wirklich Zeit braucht, und aus der Länge, die das Spiegelbild des Funkens hat, sowie aus der Umdrehungsgeschwindigkeit läßt sich die Dauer berechnen: es ist die soeben angegebene.

Wheatstone war aber hiermit nicht zufrieden; er wollte nicht allein wissen, wie viel Zeit ein elektrischer Funke zu seiner Existenz brauche, er wollte auch wissen, welch' eine Strecke Weges er in einer gegebenen Zeit zurückzulegen im Stande sei.

Um dies zu ermitteln, führte er einen sechs Meilen langen Kupferdraht zu dreienmalen sehr nahe bei sich selbst vorbei und durchschnitt ihn

Fig. 59.



an dieser Stelle, so daß die drei Durchschnittspunkte kaum ½ Zoll auseinander standen, der erste aber *a* (siehe Fig. 59) sich in der Nähe einer Leidner Flasche befand, der zweite *b* gerade in der Mitte des Drahtes, so daß von *a* nach *b*, auf dem Drahte gemessen, drei Meilen waren, der dritte

Durchschnittspunkt *c* gleichfalls wieder in der Nähe derselben Leidner Flasche, von *b* nach *c* auf dem Drahte gemessen jedoch auch wieder drei Meilen verliefen. Die drei Durchschnittspunkte befanden sich also, wie die Figur zeigt, ganz nahe bei einander und konnten in einem Metallspiegel von der Größe eines Pfennigs sehr wohl gleichzeitig gesehen werden, auf dem Drahte aber war ein jeder von dem andern drei Meilen weit entfernt.

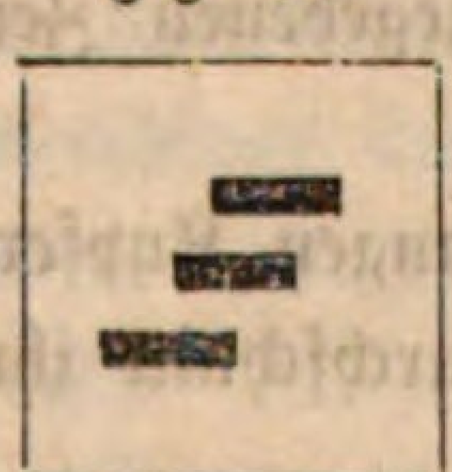
Ward die Flasche, welche die Fig. zeigt, entladen, so entstanden bei *a*, *b* und *c* kleine Fünkchen, welche völlig gleichzeitig zu sein schienen, dergestalt, daß man sagen konnte: zum Durchlaufen einer Länge von sechs Meilen braucht die Elektricität noch so wenig Zeit, daß man nicht sehen kann, wie *a* früher erscheint als *b*, und *b* früher als *c*.

Nun wird der Apparat mit dem drehbaren Spiegel so aufgestellt, daß darin die Durchschnittsstellen beobachtet werden konnten, und siehe es zeigte sich nunmehr wirklich ein Unterschied. Es wurde vermuthet, daß der Strom von dem positiven Theile der Flasche nach dem negativen gehe, dann hätten die Lichtstreifen, welche die Fünkchen in dem gedrehten Spiegel geben, die Stellung haben müssen, wie Fig. 60; es wäre allerdings auch möglich gewesen, daß der Weg der Elektricität ein entgegengesetzter, dann wäre die Fig. 61 der bildliche Ausdruck dafür gewesen, falls nämlich der Funke am negativen Beleg der Flasche zuerst und am positiven zuletzt erschienen wäre, so würde der unterste sich früher als der mittlere, und dieser sich früher als der oberste haben zeigen müssen, umgekehrt wie bei dem früher betrachteten Falle.

Fig. 60.



Fig. 61.



Merkwürdigerweise zeigte sich weder dieses noch jenes, sondern ein ganz außerhalb der Muthmaßung liegender Fall, und daß dieses geschehen und beobachtet worden, kann man gewissermaßen als die Probe auf das Exempel betrachten.

Die Striche, welche den Weg der Elektricität andeuteten, verliefen nicht vom positiven Theile der Flasche zum negativen, auch nicht vom negativen Beleg zum positiven, sondern sie standen wie die Fig. 62 zeigt, so daß ersichtlich der elektrische Strom von dem positiven wie von dem negativen Theil der Flasche gleichzeitig ausging und beide Ströme sich in der Mitte begegneten.

Fig. 62.



Hier war eine vollkommen neue und unerwartete Thatsache entdeckt, der elektrische Entladungsstrom hat also nicht eine Richtung von + zu —

oder umgekehrt, sondern beide Elektricitäten beginnen ihren Weg gleichzeitig und begegnen sich in der Mitte des Weges, und zum Zurücklegen dieses Weges bedürfen sie einer bestimmt ausgesprochenen Zeit — allerdings einer sehr geringen. Die berechnete Zahl der Umdrehungen des Spiegels, die Länge der Linien, welche man darin statt der Lichtpunkte erblickte und, daraus hergeleitet, der aliquote Theil einer einmaligen Umdrehung des Spiegels (d. h. ein 100stel Theil oder ein 150stel Theil) während der Dauer des Funkens und endlich die Länge des zurückgelegten Weges (drei Meilen), dies waren die Factoren, aus denen das Exempel gebildet war, und daraus ergab sich für die Zeit, welche auf die drei Meilen verwendet war, $\frac{1}{80000}$ Secunde, also 80,000mal so viel Weges würde die Elektricität in einer Secunde zurücklegen, dies ist mit 3 multiplicirt 240,000 Meilen (engl.) oder 60,000 deutsche, geographische. Wenn man also einen Draht von 120,000 Meilen sorgfältig isolirt um die Erde schlänge, so daß derselbe sie in einer Spirale parallel mit dem Aequator umkreiste (wozu solcher Draht mehr als 22mal reichen würde) und nun ein Experimentator die beiden Enden mit den beiden Belegungen der Flasche verknüpfte, so würde der andere Experimentator, in der Mitte dieser Drahtleitung, also zwischen der eilften und zwölften Umschlingung stehend, an einem dort angebrachten Durchschnittspunkt den elektrischen Funken eine Secunde später erscheinen sehen als der erste die Flasche entladen hat.

Man kann nicht leugnen, daß dieses Resultat etwas sehr Ueberraschendes habe; bis zu dem Augenblick der Entdeckung dieser Eigenschaft der Elektricität glaubte man in der Bewegung des Lichtes (welches 40,000 Meilen in einer Secunde zurücklegt) die größtmögliche Schnelligkeit zu haben, jetzt weiß man, daß die Elektricität zum mindesten um die Hälfte schneller geht! Wheatstone nimmt obige Zahl als die geringste an, sagt aber, es wäre wohl möglich, daß die Wahrheit viel weiter hinaus läge. Die Grenzen der Geschwindigkeit der Elektricität seien wenigstens 60,000 Meilen, höchstens 144,000 deutsche Meilen.

Neben der Entdeckung dieser ungeheuren Schnelligkeit des elektrischen Stromes gewann man noch die Ueberzeugung von der unglaublichen, nie geahnten Feinheit des wichtigsten Sinnesorganes des Menschen, des Auges, welches eine solche Auffassungsfähigkeit hat, daß ein Eindruck, der nur den 10,000,000sten Theil einer Secunde währt, schon vollkommen ausreichend ist, um von demselben empfangen und zum Bewußtsein gebracht zu werden. Wir sehen so, daß scheinbar ganz von einander gesonderte, einander fremde Gegenstände durch Erkenntniß der Natur mit einander in Verbindung treten,

wir sehen, daß Kenntniß der Naturkräfte zu höchst wichtigen Schlüssen führen und daß alle Kräfte in einem großartigen Zusammenhange stehen.

Der Elektrophor.

Ein sehr wichtiges Instrument für die Lehre von der Elektricität ist der Elektrophor, von seinem Erfinder Alexander Volt beständiger Elektricitätsträger genannt (Electrophoro perpetuo).

Er ist ziemlich leicht zu machen und wollen wir die beste Art, ihn darzustellen, mit Ausschluß aller andern, hier anführen.

Der Elektrophor besteht aus einer platten und glatten Harztafel, von ½ bis 1 Zoll Dicke, je nach der Größe der Tafel. Die Meinungen über die beste Mischung zu dieser Harztafel sind sehr verschieden und man hat eine große Menge von Rezepten hierzu, schließlich kommt man zu dem Resultat, daß je einfacher das Rezept, je besser ist es. Schellack ist ein vortreffliches Material, aber theuer; Colophonium ist beinahe noch besser, aber sehr zerbrechlich, eine Mischung von beiden, wobei man zuerst das Colophonium schmilzt und dann den Schellack in kleinen Quantitäten zusetzt und nicht früher einen neuen Zusatz macht, als bis der erste sich völlig aufgelöst und vertheilt hat, dürfte wohl das Beste sein. Man kann vier Theile Harz und einen Theil Schellack nehmen, bloßes Colophon würde ganz unübertrefflich sein, wenn es nicht durch den geringsten Stoß zerbräche. Der Zusatz von Schellack macht die Masse nach der Ueberzeugung des Verfassers nicht im geringsten besser, doch wird sie zäher, minder zerbrechlich und dies ist allerdings etwas werth. Die Zusätze von Terpentin und Wachs taugen gar nichts, die von rother Farbe, Mennige, Zinnober ꝛc. eben so wenig.

Bei dem Schmelzen ist vor allen Dingen darauf zu sehen, daß die Masse nicht heißer werde als nöthig, brennt sie an, so verliert sie den größten Theil ihrer Wirkung. Das zu schmelzende Material muß frei von Rinden und Holzstücken sein, dann bringt man über einen Drahtbügel einen kurzen Sack von grobmaschigem Tüll oder Filet, noch besser von sogenannter Drahtgaze und fährt damit langsam nach verschiedenen Richtungen durch die geschmolzene Masse, bis man alle Unreinigkeiten weggefischt hat.

Auf einem sehr geraden Tisch, mit einer Wasserwaage horizontal gestellt, legt man ein nach Bedarf großes Stück Pappe, kreisrund geschnitten, mit einem Rande versehen, bei kleinen Dimensionen von ½ Zoll, bei größeren von ¾ Zoll und bei den größten, von 3 und mehr Fuß Durchmesser, von 1 Zoll Höhe.

In den so entstandenen Teller (die Form) legt man ein oder ein paar

Blätter Staniol, welche die ganze innere Fläche der Form auskleiden müssen. Die Blätter selbst klebt man bis zur nöthigen Größe mit Kleister zusammen, klebt sie jedoch nicht an der Pappe fest, was eine wesentliche Bedingung ist.

Noch ein eben so großes Blatt Staniol hält man bereit, welches recht glatt und gerade gestrichen sein muß, endlich ist eine runde Tischplatte von Marmor oder Travertin erforderlich.

Ist dieses vorbereitet, so nimmt man die geschmolzene Harzmasse vom Feuer, läßt sie ein wenig stehen, bis sich keine Blasen mehr bilden, nimmt mit einem Löffel das Schaumige von der Masse ab und gießt langsam und behutsam dieselbe in die Form, bis diese ganz gefüllt ist und die Harzmasse womöglich noch um ein Unbedeutendes höher steht, als der Rand der Form ist.

Langsam erkaltet das Harz; wenn die Erkaltung so weit gediehen ist, daß der genäherte Finger keine Fäden mehr zieht, sondern auf der Fläche einen schwachen Eindruck hinterläßt, so deckt man (falls der Kuchen groß ist, mit Hülfe einer oder zweier anderer Personen) die bereit gehaltene Staniolplatte auf den Harzkuchen und legt alsdann die Marmortafel darauf. Diese übt einen gleichmäßigen Druck und giebt der noch weichen Harzsubstanz zuerst eine ganz ebene Oberfläche, dann aber auch eine größere Dichtigkeit.

Ein so bereiteter Harzkuchen leistet bei vorsichtiger Behandlung die trefflichsten Dienste und ist vor Allem dem Zerspringen durch die eigenen inneren Kräfte nicht ausgesetzt. Da er nämlich nicht mit der Form zusammenhängt, so dehnt er sich aus und zieht sich zusammen, unabhängig von dieser und wird also nicht zersprengt, weil er nicht der Ausdehnung des fremden Materials zu folgen braucht. Man muß ihn jedoch nie aufrecht stellen, weil er schon bei der gewöhnlichen Sommertemperatur sich durch seine eigene Schwere biegt. Am besten thut man, wenn man ihn nach vollständigem Erkalten auf die zur Pressung gebrachte Marmortafel stellt.

Beim Abheben dieser letzteren wird man, falls zum Ueberdecken mit Staniol der rechte Augenblick getroffen ist, diese Metalldecke leicht entfernen können, sie haftet zwar, aber sie klebt nicht. Ist dies der Fall, so war die Masse noch zu weich, allein das hat keinen Nachtheil, als daß man das Staniol nur mit größerer Mühe entfernen kann.

Der untere Theil des Elektrophors wäre somit fertig: der obere Theil, der Deckel, wird am zweckmäßigsten aus einer rund gebogenen messingenen Röhre gemacht, wie man sie jetzt hart gelöthet überall zu 5 Sgr. der laufende Fuß bekommt; es ist von großer Wichtigkeit, daß dieser Kreis (der, nach der Größe des Elektrophors, im Durchmesser 2 bis 6 Zoll kleiner

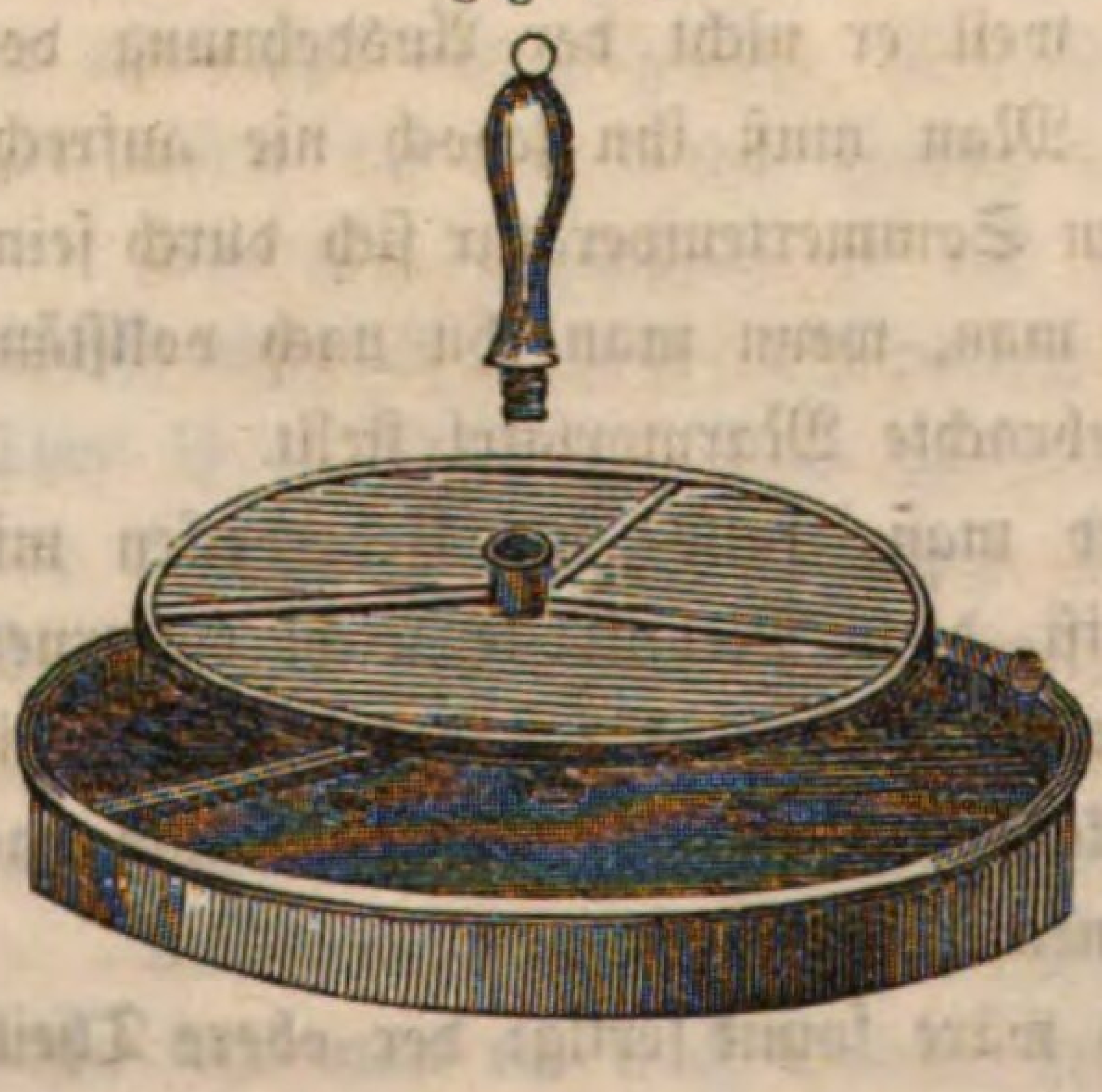
sein muß) auf der Marmortafel ganz eben aufliege, was ein geschickter Klempner durch Richtung desselben sehr leicht bewerkstelligen wird.

Auf ein kreisförmig geschnittenes Stück Kattun klebt man zuerst auf einer Seite, und wenn dieses trocken ist einen, bis auf einen Zoll breiten Rand, auch auf der andern Seite Staniol ganz glatt auf. Man bohrt auch durch den messingenen Ring an drei gleich weit von einander abstehenden Punkten, Löcher so weit, daß man Schnüre von reiner Seide, stark genug um den Ring zu tragen, hindurchziehen und darin festknüpfen kann. Die drei Schnüre verbindet man in der Mitte zu einem Knoten und befestigt sie an einem Glasstabe, welcher jedenfalls noch viel besser isolirend ist als die Seide.

Nach vollkommenem Trocknen der beiderseitigen Staniolbelegung setzt man den Ring auf die so vorgerichtete Fläche, bestreicht den Rand, welcher von Staniol frei geblieben, mit Kleister, zu dem man ein paar Tropfen verdünnte Schwefelsäure gesetzt hat (welche den Kleister sehr verdünnt, ohne ihm etwas von seiner Haltbarkeit zu rauben, und die bewirkt, daß das Messing Grünspan ansetzt, rauh wird und gut mit dem Kattun haftet) und drückt nun diesen an vielen Stellen eingeschnittenen Rand um die äußere Fläche des Ringes.

Binnen zwei Tagen ist auch dieser letzte trocken und der Elektrophor ist zum Gebrauch fertig, er wird die trefflichsten Dienste leisten, wenn man ihn nicht wie die Professoren der Physik (welche allerdings nicht immer Physiker sind) dadurch zerbricht, daß man beim Auflegen des Deckels mit der ganzen Schwere des Körpers darauf drückt, welches höchst überflüssig.

Fig. 60.



Die beigegebene Zeichnung giebt eine Ansicht des Elektrophors, wie er in früheren Zeiten allgemein gemacht wurde, sie ist jedoch als unzweckmäßig meistentheils verlassen worden.

Man erkennt sogleich in dem unteren größeren Kreise die mit Harz zur Hälfte voll gegossene Form; dies ist schon ein Fehler. Der Rand darf nicht höher sein als die Harzmasse. Der Deckel ist von Blech und um ihm mehr Steifheit zu geben, laufen nach der Mitte zu drei Radien (Blechstreifen) zusammen. In der Mitte ist ein Stück Messing angelöthet, welches eine Mutterschraube enthält, dazu paßt ein Glasgriff, mittelst dessen man den Deckel von der Form abhebt. Der

auf dem Harzkuchen sichtbare Strich ist ein Streifen Staniol, welcher die Verbindung zwischen Deckel und Form einleitet. Solche Elektrophore sind viel theurer und weniger wirksam als die beschriebenen.

Mit einem Fuchsschwanz, mit einem ungegerbten Hasen-, am besten mit einem ungegerbten Katzenfell, das jedoch auf seiner Fleischseite von allem Schmutz befreit und mit Kleie recht trocken und schmeidig gerieben ist, schlägt man die Harzplatte immer von einer Seite nach der andern darüber hinfahrend, oder man reibt sie unter sehr schwachem Druck eine Zeit lang, und zwar gleichfalls immer nach derselben Richtung, bis der genäherte Finger knisternde Funken von der Tafel erhält. Dieser Versuch ist jedoch eine Beraubung der Harztafel, man muß also die Stelle wenigstens noch einige Male frottiren, um das Weggeführte wieder zu ersetzen; dann deckt man, ihn mittelst der Schnüre haltend, den Deckel auf den Harzkuchen, so daß er überall gleich weit vom Rande liegt.

Erhebt man ihn wieder, so wird er fast gar keine Elektricität enthalten, und würde wirklich keine Spur davon zeigen, wenn die Luft und die seidenen Schnüre vollkommene Isolatoren wären.

Setzt man den Deckel abermals auf den Harzkuchen, berührt alsdann den Deckel mit der Hand (berühren, nicht andrücken, — dies ist vollkommen überflüssig und befördert nichts als die Zertrümmerung des Harzkuchens) und hebt ihn nunmehr an der isolirenden Handhabe ab, so hoch als es bequem geht, so erhält man aus dem Deckel einen ziemlich starken Funken, und zwar den stärksten, den er geben kann, wenn man die Berührung so bewerkstelligt, daß man zuerst die Metallbelegung der Form mit der einen Hand, und dann die Fläche des Deckels mit der andern Hand berührt. Bei großen Elektrophoren von einigen Fuß Durchmesser wollen wir das jedoch Niemand rathen; denn ist der Apparat gut gemacht, so bekommt man bei dieser Berührung allemal einen Erschütterungsschlag wie von einer geladenen Verstärkungsflasche. Um diesem Uebelstande aus dem Wege zu gehen, befestigt man an der Form eine leitende Schnur, an deren Ende eine Kugel ist und bringt beim jedesmaligen Senken des Deckels auf den Harzkuchen, diese zur Berührung mit dem Deckel, wodurch das Nöthige erreicht wird.

Der Verlauf des Experimentes ist aber folgender: Die Harzfläche ist durch das Reiben stark negativ elektrisch geworden; man deckt den Deckel auf die Harzplatte, sogleich bindet die negative Elektricität der letzteren die positive des Deckels, entläßt sie jedoch ihrer Fessel, sobald man den unberührten Deckel wieder aufhebt und es bleibt alles in dem früheren Zustande.

Nun aber nähert man dem auf der negativen Harzplatte liegenden

Deckel (welcher selbst höchst negativ elektrisch erscheint, da die negative Elektricität des Harzes alle positive Elektricität des Deckels an sich gerafft hat) den Knöchel eines Fingers oder einen anderen Leiter, so wird der negative Deckel sich aus demselben mit der zur Ausgleichung seiner negativen Elektricität nöthigen positiven Elektricität zu versehen suchen und wird, wenn dieser Leiter mittelbar (durch den Körper eines Menschen, den Fußboden, den Tisch) oder unmittelbar (durch eine leitende Schnur, eine Kette) mit der Form des Elektrophors verbunden ist, dieses vollständig thun. In diesem Zustande zeigt nunmehr, so lange er auf dem Harzkuchen liegt, der Deckel keine Spur von Elektricität, obschon er eine viel größere Masse positiver Elektricität hat, als in seinem natürlichen Zustande ihm gebührt, er wird sie selbst dem empfindlichsten Elektrometer nicht verrathen.

Hebt man jedoch den Deckel ab, so bindet die negative Harzplatte keine positive Elektricität des Deckels mehr, und der Ueberschuß derselben, der vorhin, als seine natürliche positive Elektricität gebunden war, aus dem dargebotenen Leiter aufgenommen, kommt jetzt zum Vorschein und äußert sich, je nach der Größe und der Güte des Instruments, in mehr oder minder starken Funken. Lichtenberg in Göttingen hatte einen Elektrophor von 6 Fuß, das physikalische Cabinet in Wien gar einen von 8 Fuß Durchmesser. Die Erscheinungen sind gewaltig, doch durchaus nicht lehrreicher als bei einem Instrument von ein oder zwei Fuß Durchmesser, und eine Elektrisirmaschine wird dadurch doch niemals zu ersetzen sein, wäre es auch nur, weil es unmöglich ist, aus dem Elektrophor strömende Elektricität zu bekommen, wenn auch noch so schwach — es entstehen immer ruckweise heftige Spannungen und Ausgleichungen, doch kein dauernder Strom.

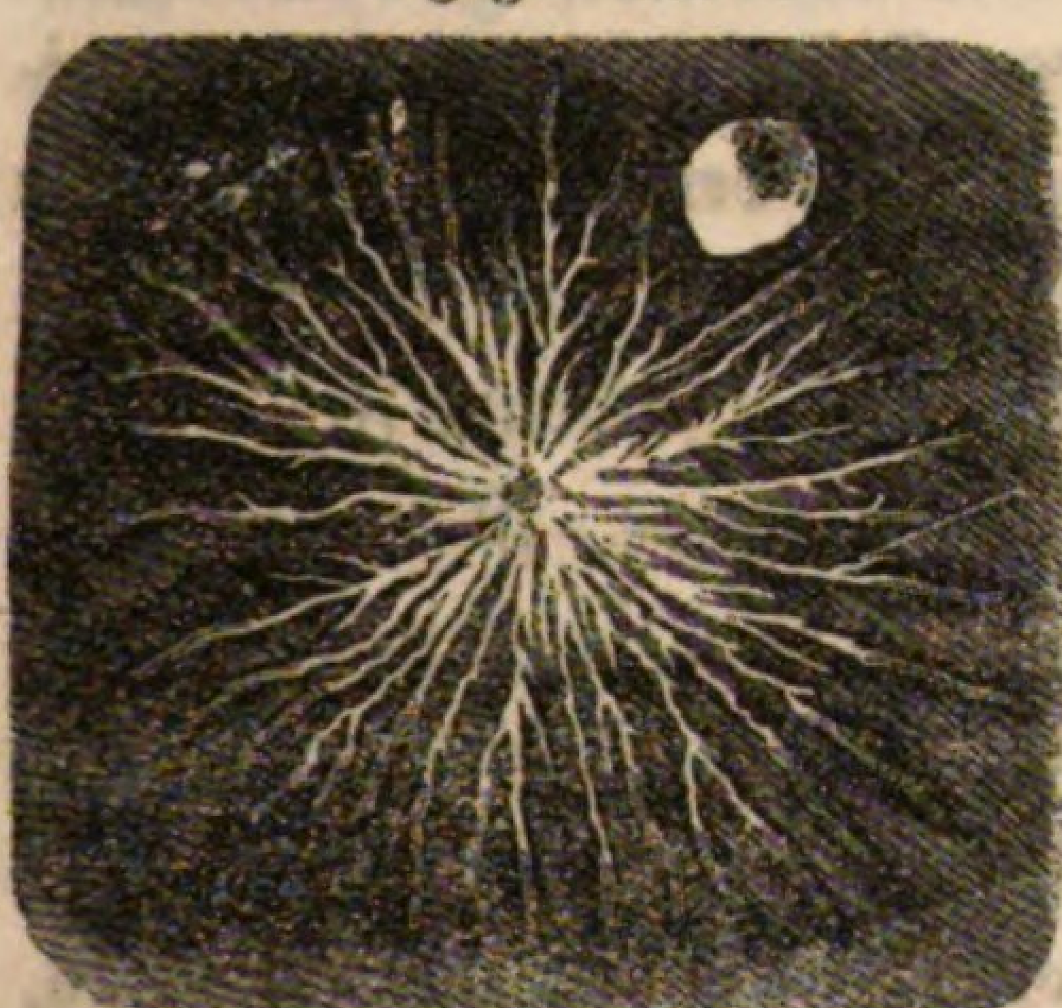
Ein gut bereiteter und trocken gehaltener Elektrophor behält, nachdem seine Harztafel einmal durch Reibung stark elektrisch geworden ist, Jahre lang seine Elektricität und bietet dadurch, daß man seinem Deckel von außen die gebundene Elektricität zuführt, immerfort eine Elektricitätsquelle, daher ihn auch Volta immerwährender Elektricitätsträger nannte. Der Theorie nach müßte es auch so sein, allein es giebt so viel hundert nicht berücksichtigte Nebenumstände, welche dem Harzkuchen die in ihm erregte Elektricität entführen, so daß es für die positive Elektricität des Deckels keine bindende Kraft mehr hat, und damit hört seine Wirkung auf und muß durch erneuertes Reiben erst wieder hergestellt werden. Der Elektrophor und seine Theorie ist übrigens nicht von Volta, sondern von Wilke erfunden; ersterer gab ihm nur die bequeme Form. Wilke zeigte im Jahre 1762, daß eine elektrisirte Glastafel die an beiden Seiten befindlichen

Belege viele Tage und Wochen hindurch zu elektrisiren vermöge. Volta vertauschte im Jahre 1775 (also 13 Jahre später) die Glastafel mit einer Harzplatte und führte den Apparat mit vielem Pompe unter dem oben angegebenen Namen ein, als ein neues Mittel sich Elektricität zu verschaffen, das allgemeine Bewunderung erregte, während Wilke's Versuch unbeachtet geblieben war. P. Ries sagt hierüber so geistreich als wahr: „es ist der in der Geschichte der Erfindungen nicht selten vorkommende Fall, daß der Eine das Verdienst hat, den Stuhl gezimmert, der Andere gezeigt zu haben, wie man sich darauf setzt.

In Lichtenberg's Händen wurde diese Harzplatte zu einem Instrumente von höchster Wichtigkeit, er wies durch dieselbe das Irrthümliche der Franklin'schen Hypothese von einer Elektricität, die nur in verschiedenen Graden vorhanden sei, in einer mehr oder weniger (+ oder —, plus oder minus) nach, und das Lichtenberg'sche Experiment ist eins der interessantesten und lehrreichsten die es giebt.

Mit dem Knopfe einer Verstärkungsflasche berühre man an einer Stelle den (vorher nicht geriebenen) Harzkuchen des Elektrophors. Darauf setze man die Flasche an einer möglichst entfernten Stelle auf die Harztafel, fasse sie am Knopfe an und hebe sie mittelst desselben von der Tafel ab. Durch das erste Experiment hat man dem Harze etwas von der überschüssigen positiven Elektricität der Flasche mitgetheilt, durch das zweite hat man mittelst der Berührung des Knopfes in der äußeren Belegung freie negative erweckt, und von dieser ist ein Theil auf die Harzplatte übertragen.

Fig. 61.



Schüttet man hierauf den Saamenstaub der Lycopodiumpflanze in ein Stückchen Flor und stäubt aus demselben etwas über den vorher auf die genannte Weise elektrisirten Harzkuchen, so sieht man auf demselben Figuren entstehen, welche man nach ihrem Erfinder die Lichtenberg'schen genannt hat, und welche die große Verschiedenheit der beiden Kräfte, positive und negative Elektricität sehr deutlich zeigen. Der Berührungspunkt zwischen dem Knopf der Flasche

Fig. 62.

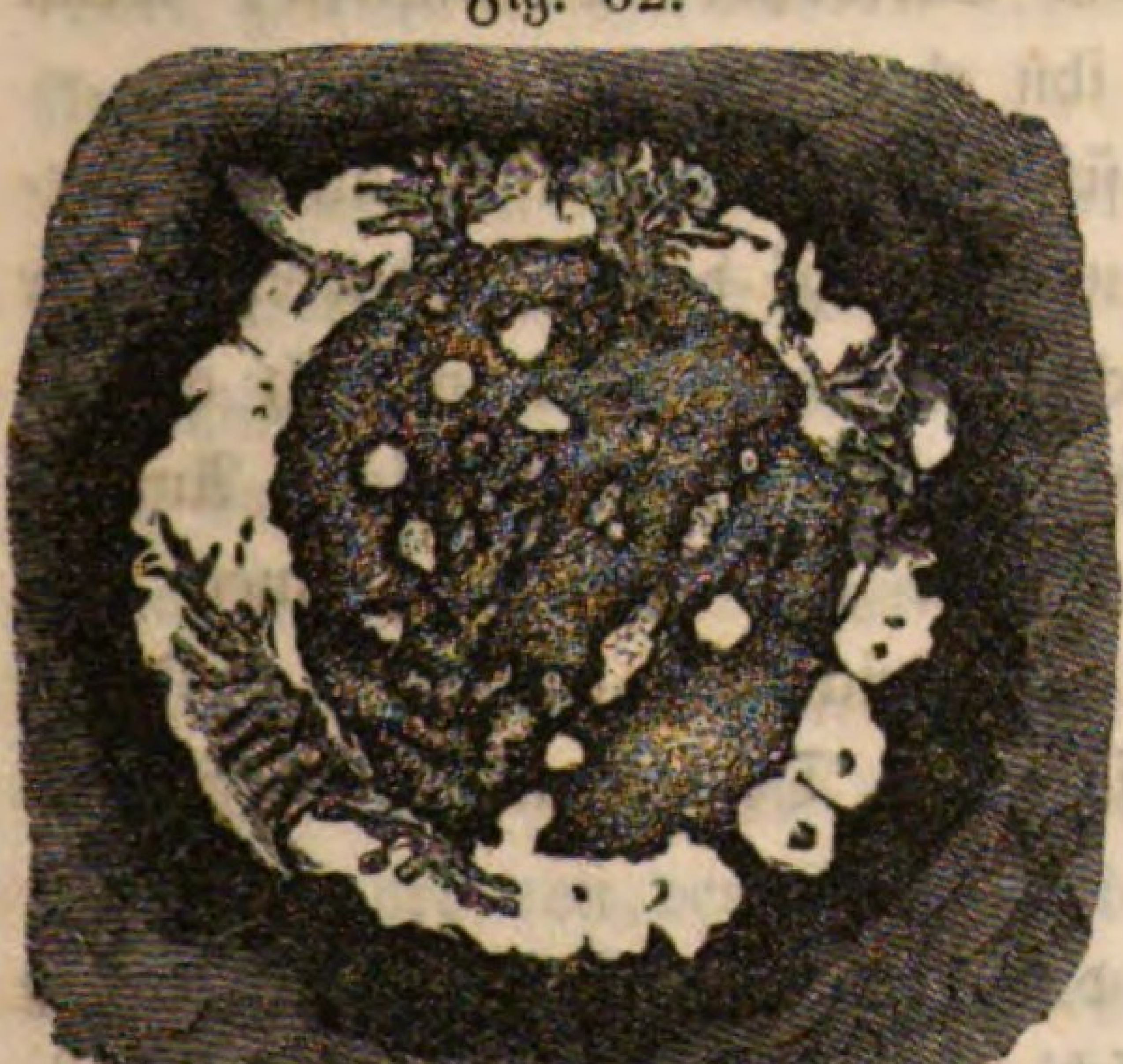
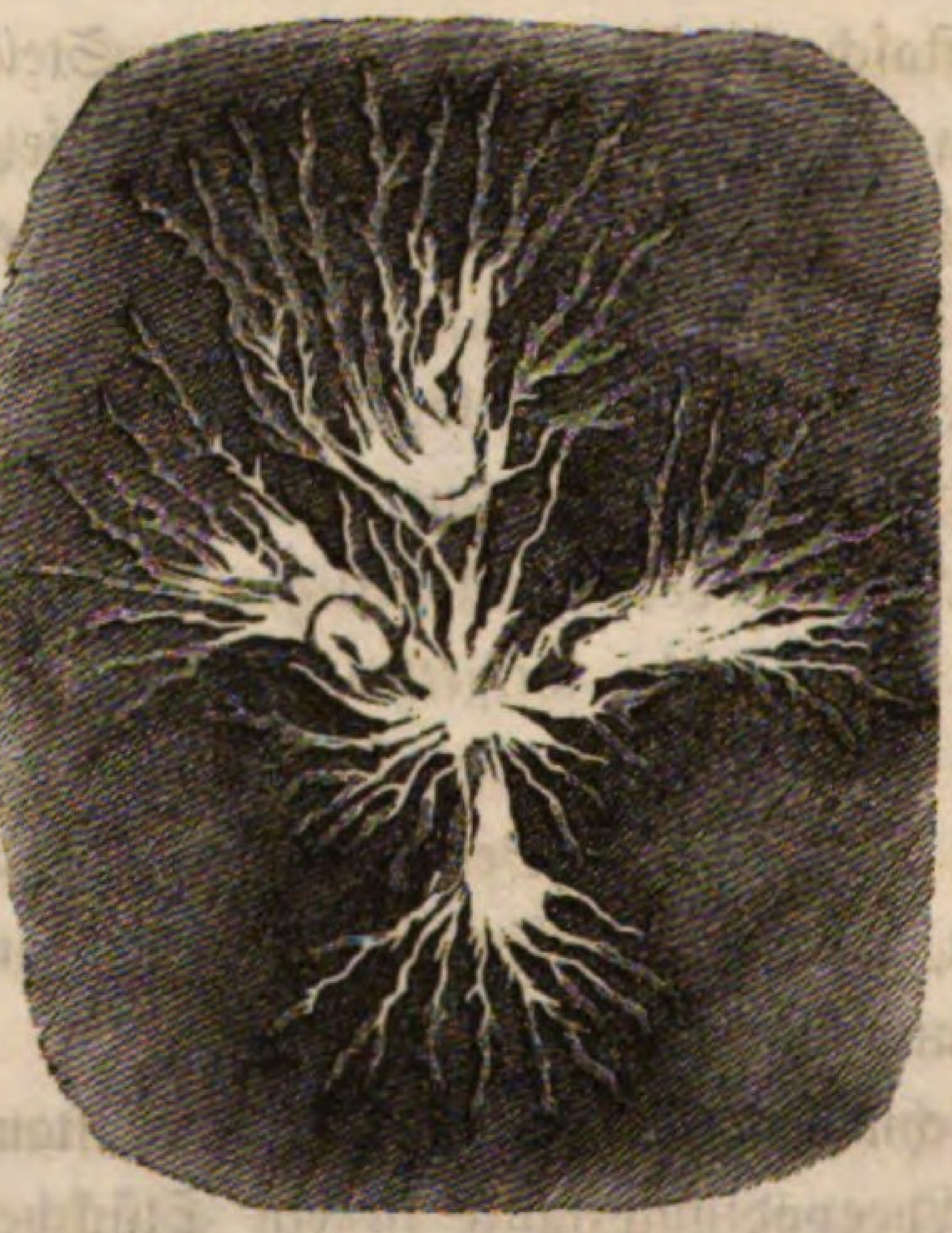


Fig. 63.



Fig. 64.



und dem Harzkuchen zeigt strahlenförmig von einer Stelle ausgehende Verästelungen von der saubersten, zierlichsten Zeichnung, die Stelle aber, wo die äußere Belegung der Flasche den Kuchen berührte, zeigt hiervon nicht die Spur, sondern es sind lauter große und kleine Kreise, die sich an einander reihen, von den blitzähnlichen eines jeden einzelnen der positiven Strahlen sieht man hier gar nichts. Die eingeschalteten Holzschnitte 61—64 zeigen diese verschiedenen Figuren, sehr treu und schöner, als man sie in irgend einem Lehrbuche findet. Ungemein regelmäßig ist die erste Figur (61), die positive, einen reinen Stern aus den zartesten Verästelungen darstellend. Der helle Punkt ist eine Spur der negativen Elektricität. Auf der zweiten (62), sieht man den Kreis, welchen die Flasche beim Aufsetzen auf den Harzkuchen beschrieb. Die folgende Figur (63), gleichfalls eine negative, ist weniger regelmäßig, jedoch eben so charakteristisch, indem sie die runden Scheiben in einer häufigen Aneinanderreihung zeigt. Es sieht eine solche Zeichnung ungefähr aus, wie der Carlsbader Erbsenstein, wenn man ihn eben schleift.

Man kann durch den Knopf der positiv geladenen Flasche allerlei verästelte Zeichnungen bilden, wenn man denselben auf dem Harzkuchen umher führt, doch ist dies wegen des umfangreichen Bildes schwer in Holz auszuführen, die vorstehende Figur (64) giebt jedoch wenigstens einen Anfang davon, der Knopf ist von seinem Ansatzpunkte auf der Tafel einen Zoll lang fortgerückt, dadurch ist die kreuzähnliche Zeichnung entstanden. Führt man ihn weiter, so erhält man die allerschönsten Dendriten. Alle Figuren sind hier in natürlicher Größe gegeben.

Eine sehr interessante Veränderung des Versuches besteht darin, daß man zum Bestäuben der Harzplatte verschiedenfarbige Pulver wählt, wie

z. B. eine Mischung aus dem hellgelben semen Lycopodii und dem intensiv grünen Farbestoff, den man Schweinfurther Grün nennt. Die Zeichnungen werden dadurch sehr schön gefärbt und besonders unterscheiden sich noch auffallender die positiven und negativen Figuren.

Es ist die Wirkung hier erzielt worden dadurch, daß man eine nicht elektrische Harzfläche stellenweise elektrisirte, es kann ein ganz ähnlicher Erfolg erreicht werden, wenn man die ganze Harzplatte durch Reiben möglichst stark elektrisch macht und dann mit einem stumpfen Stück Metall z. B. mit einem Schlüssel darauf unsichtbare Zeichnungen, Namenszüge und dergleichen dadurch entwirft, daß man unter ganz leichter Berührung der Harzplatte langsam in den verlangten Linien darüber hinfährt. Wenn man nunmehr die Harzplatte bestäubt, sieht man die Zeichnung in feinen Zügen roth erscheinen, indeß die ganze übrige Fläche die negativen Figuren, wie Fig. 62 und 63 dieselben zeigt, aneinander gedrängt enthält. Das durch die ganze Natur waltende Gesetz der Gegenseitigkeit spricht sich auch hier aus; was auf elektrisirten Stellen einer nicht elektrischen Platte vorgeht, das muß sich auch auf nicht elektrisirten Stellen einer elektrischen Tafel aussprechen. Lichtenberg selbst hat den Versuch schon angegeben, er ist jedoch bisher übersehen worden und findet sich in Lehrbüchern nicht.

Luftelektricität.

Erste Entdeckung.

Einen der wichtigsten Abschnitte der Elektricitätslehre dürfen wir nicht unberührt lassen, es ist die Luftelektricität, für deren Begründer und Entdecker gewöhnlich Franklin gehalten wird, der jedoch keineswegs die ersten Ansprüche darauf hat.

Schon im Jahre 1743 erklärte der Abbé Nollet, „daß, wenn Jemand durch Vergleichung der Erscheinungen darthun würde, daß der Donner in den Händen der Natur eben das sei, was die Elektricität in den unsrigen, und daß die Wolke dabei die Stelle des Hauptconductors der Elektrisirmaschine vertrete, ihm diese Meinung sehr gefallen würde.“

Was Nollet hier nur mit Ungewißheit und als Vermuthung ausspricht, das sprach, als positive und nicht zu bezweifelnde Wahrheit, der um die Lehre von der Elektricität hoch verdiente Professor J. H. Winkler in Leipzig aus. In seiner Abhandlung von der Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen (Leipzig 1746, S. 8) untersucht er in einem

eigenen, diesem Gegenstande gewidmeten Capitel die Frage, ob Schlag und Funken der verstärkten Elektricität für eine Art des Donners und Blitzes zu halten sind. Er vergleicht die Erscheinungen und Wirkungen beider und schließt aus diesen Vergleichungen auf eine vollkommene und wesentliche Gleichheit, in welcher als einziger Unterschied der Grad der Stärke hervortrete.

Gehler führt das Werk und die demselben entlehnten Angaben als das Aelteste an, was über diesen Gegenstand geschrieben, und Winkler selbst thut dieses in einem späteren Werke, nachdem es bereits zur Gewohnheit geworden war, Franklin als den Entdecker der Identität der Reibungs- und der Luftelektricität anzusehen. Jetzt aber, als ein Zeitgenosse und Schüler Winkler's, erklärt Gehler, daß er es für seine Pflicht halte, diesen Irrthum aufzuklären, um so mehr, als es oft das Schicksal der Deutschen gewesen, daß ihre Bescheidenheit sie um den wohlverdienten Ruhm ihrer Entdeckungen gebracht.

Franklin hat wohl unzweifelhaft von Winkler's Entdeckung nichts gewußt und sie selbstständig ein Jahr später, als der deutsche Professor, gemacht; ein Verdienst aber bleibt ihm auch ohne den Ruhm der ersten Entdeckung, dies ist die Verfolgung der Thatsache bis in ihre kleinsten Details. Er hatte es zur Gewißheit gebracht, daß spitze Körper die Elektricität besser und aus größerer Entfernung anziehen, als stumpfe und abgerundete; er schlug, hierauf gestützt, ein Mittel vor, die Elektricität der Wolken herabzuziehen, ein Mittel, dessen Kühnheit er selbst wohl gar nicht kannte — jetzt gehörte zu der Anwendung desselben die entschiedenste Todesverachtung — nämlich: den Blitz durch sehr hochstehende Stangen vom Himmel herab zu locken, ein Versuch, den schon Tullus Hostilius gemacht und bei dem er sein Leben gelassen hatte.

Franklin's Vorschläge hierüber sind aber viel späteren Datums als Winkler's, sie stammen aus dem Jahre 1751 und wurden (ob auf diese Anregung hin oder nach eigenen Ideen?) im Jahre 1752 durch Dalibard zu Marly la ville und durch Delor zu Paris wirklich ausgeführt.

Dalibard befestigte eine 40 Fuß hohe Eisenstange mittelst seidener Schnüre an hohen hölzernen Pfählen und erhielt daraus am 10. Mai desselben Jahres bei einem vorüberziehenden Gewitter starke Funken. Ein Tischler Coiffier, bei der Aufstellung beschäftigt, war der Erste, welcher dieselben wahrnahm, der Pfarrer des Kirchspiels und eine Menge anderer Leute waren die Zeugen dieses höchst gefährlichen Experiments.

Delor in Paris hatte über großartigere Mittel zu verfügen; er richtete einen hundert Fuß hohen Mast auf und erhielt bei einer darüber

hinziehenden Wolke, welche nicht blitzte, starke Funken. Die Versuche wurden nunmehr in Gegenwart des Königs Ludwigs XV. wiederholt, dann aber durch den als Naturforscher bekannten Grafen Buffon (in dem, was eigentliche Bildung betrifft, so gewaltig tief unter Deutschland stehenden Frankreich hatte die Gelehrsamkeit und die Forschung auf ihrem Gebiete nur unter Grafen und Baronen ihre Repräsentanten) und den Marquis Le Monnier, einen berühmten Astronomen, wiederholt und weiter ausgedehnt. Der Letztgenannte bemerkte an einem Sprachrohr, welches man mittelst seidener Fäden frei aufgehängt hatte und an einer Person, die, auf einem Harzkuchen stehend, eine 18 Fuß hohe Bohnenstange mit Draht umwickelt in der Hand hielt, deutliche Spuren von Elektricität.

In demselben Jahre wurden von Canton, Wilson und Bevis in England ähnliche Versuche angestellt und von Canton sogar entdeckt, daß es Wolken sowohl von positiver als von negativer Ladung gebe.

Der elektrische Drache.

Nun erst, im Jahre 1752, kam Benjamin Franklin zu Philadelphia auf den Gedanken, einen Drachen, wie die Kinder sich dessen zur Herbstzeit als unterhaltenden Spielzeuges bedienen, steigen zu lassen und sich so Zutritt zu den Regionen des Donners zu verschaffen. Er breitete zu dem Ende ein großes seidenes Schnupftuch über zwei kreuzweis gelegte Stäbchen aus und ließ dieses sehr unvollkommene Werkzeug bei einem herannahenden Gewitter an einer hanfenen Schnur aufsteigen.

Schon war eine viel versprechende Wolke ohne die mindeste Wirkung vorübergegangen und Franklin wollte soeben seinen Drachen herabziehen, in der Meinung, er habe sich in seinen Voraussetzungen und Ansichten getäuscht, als er wahrnahm, daß einzelne lose Fäden der Hanfschnur sich untereinander abstießen und von der Schnur selbst auch abgestoßen wurden. Er knüpfte nun einen Schlüssel an das Ende der Schnur und bekam zu seinem lebhaften Vergnügen deutlich sichtbare und fühlbare Fünkchen davon, die noch lebhafter und rascher wurden, als bald darauf Regen eintrat und dadurch die Schnur sich in einen Leiter verwandelte.

Der Verfasser glaubt, es sei nicht am unrechten Orte, hier noch einmal darauf hinzuweisen, wie vorsichtig man mit der Klassifikation der Leiter und Nichtleiter sein müsse. Franklin nahm eine Hanfschnur zu seinem Drachen, weil er dieselbe für einen Leiter hielt; sie ist es auch für die Länge von drei Fuß, drei Ellen und mehr, nicht aber für die Länge von 1000 Fuß. Was heißt ein „Nichtleiter?“ ein solcher Körper, der der

Leitung der Elektricität Widerstand entgegensetzt, — nun das thut eigentlich ein jeder, es kommt nur auf den Grad an. Die Länge des Körpers bestimmt diesen Widerstand zum Theile. Ein Kupferdraht von 10 Meilen Länge setzt der Leitung der Elektricität einen solchen Widerstand entgegen, daß die Elektricitätsquelle, welche ihn überwinden soll, 40mal stärker sein muß, als bei einer Viertelmeile. Nun setzt aber Hanf der Elektricität an sich schon, wie alle trockenen Pflanzenfasern, einen sehr viel, ja einen millionenmal größeren Widerstand entgegen als Metall, und dieser Widerstand kann nur von Elektricität höchster Spannung überwunden werden; tritt zu diesem, dem Körper eigenthümlichen Widerstande noch die Vergrößerung desselben durch die Länge hinzu, so wird er vielleicht gar nicht überwunden. Hierdurch irre geleitet, war Franklin im Begriff, ein wichtiges Experiment aufzugeben, was sehr zum Nachtheil für den Fortschritt der Wissenschaft geschehen wäre.

Der hier beschriebene gelungene Versuch erweckte die Neigung der Physiker, auf der betretenen Bahn fortzuschreiten, und so ließ nicht nur Franklin, sondern noch mancher andere Amerikaner seinen Drachen steigen. Ein selbstständig gemachter Versuch aber, durch Herrn De Romas im Jahre 1753 zu Nerac im südlichen Frankreich angestellt, machte das allergrößte Aufsehen.

Die von Herrn De Romas getroffenen Einrichtungen waren übrigens bei weitem zweckmäßiger als die Franklin'schen, und waren mit einer Vorsicht und Sachkenntniß eingeleitet, welche die Ueberlegenheit des Experimentators über Franklin sehr unzweifelhaft macht und welche selbst heutigen Tages noch nicht überboten werden könnte.

Zuerst bestand der Drache nicht aus einem seidenen Schnupftuch, sondern aus einer 7½ Fuß hohen, 3 Fuß breiten, nach oben und unten abgeschrägten Fläche, so daß sie dem Winde eine Fläche von 18 Quadratfuß darbot. Die sehr lange Schnur war mit feinem ausgeglühten Draht durchzogen und bildete also einen möglichst guten Leiter; ihr unteres Ende war aber eine starke Seidenschnur, so daß der Experimentator vor Schlägen geschützt blieb. Um die Isolirungsfähigkeit der Seide auch bei Regenwetter zu erhalten, war dieselbe unter einem Regendach befestigt. An der Hanfschnur hing endlich ein Conductor, eine blecherne Röhre, zur Aufnahme größerer Mengen Elektricität bestimmt.

Am 7. Juni 1753 stand der Drache an einer 780 Fuß langen Schnur, etwa 550 Fuß in senkrechter Linie über der Erde; hierbei erhielt Romas aus dem Conductor Funken von solcher Stärke, daß man den Schall derselben zweihundert Schritte weit hörte. Er empfand das Gefühl, als ob

Spinneweben über sein Gesicht gezogen würden, obwohl er über drei Fuß weit von dem Conductor entfernt stand; auf gleiche Entfernung erhoben sich vom Boden gegen den Conductor Strohhalme von der Länge eines Fußes, standen aufrecht und tanzten im Kreise herum, wie Puppen, welche man zu diesem Behuf aus Sonnenblumenmark fertigt.

Dies Spiel dauerte wohl eine Viertelstunde, bis es zu regnen begann und hiermit alle Erscheinungen der Elektricität bedeutend stärker wurden; man hörte anhaltendes Prasseln von der in die feuchte Luft als Strom übergehenden Elektricität, bis endlich die längsten Strohhalme aufgehoben und von dem Conductor angezogen wurden und dadurch mehrere heftige Entladungen gegen den Erdboden entstanden, deren Geräusch Einige mit dem Zischen und Knallen platzender Raketen, Andere mit dem Zerschlagen irdener Krüge auf steinigem Boden verglichen. Man hörte dieses Geräusch bis mitten in die Stadt; der Feuerstrahl, welcher dabei erschien, hatte die Dicke eines halben Zolles.

Die Anziehungs-Erscheinungen erstreckten sich jetzt an der Schnur bis auf die Länge von 300 Fuß, Strohhalme flogen daran in großer Menge empor, luden sich, wurden abgestoßen, durch den Regen und die feuchte Luft entladen, wieder angezogen und bei jedem solchen Wechselspiel entstand eine lebhafte Explosion, ein Feuerstrahl, dem man die Dicke von 3 bis 4 Zoll zu geben geneigt war, und der zackig gleich dem Blitz aus der Schnur zur Erde sprang und von einem Donnerschlage begleitet war. Die Schnur selbst leuchtete auf ihrer ganzen Länge, obschon es Tag war und der eigenthümliche Phosphor- und Schwefelgeruch verbreitete sich weit umher. Wo die Blitze die Erde getroffen hatten, sah man zollweite Löcher. Leider wurden dieselben nicht untersucht, man hätte sonst vielleicht schon zu jener Zeit den Ursprung der Blitzröhren entdeckt.

Endlich warf der Hagel und der Regen den Drachen herab, wobei sich die Schnur an dem Giebel und den Haken der Dachpfannen eines Hauses verwickelte. Es versuchte ein Zuschauer sie loszumachen, erhielt jedoch dabei, obschon der Drache bereits ganz niedrig stand, also von einer Verbindung mit der Wetterwolke keine Rede mehr war, so heftige Schläge und Erschütterungen, daß er seinen Versuch schleunigst aufgab.

Bei einem andern Experiment, von demselben Herrn De Romas angestellt, sah er in einer Stunde über 30 Feuerstrahlen von 10 Fuß Länge aus der Schnur gegen die Erde fahren, viele hundert andere, die nur 6 bis 7 Fuß waren (alle anscheinend von Zolldicke), welche sich auf jeden genäherten Leiter herabsenkten, gar nicht gerechnet.

So war denn eine scheinbar ganz neue Thatsache gefunden, die Iden-

tität des Blitzes mit der gewöhnlichen Maschinen- und Reibungselektricität hergestellt, aber was hier so neu erschien, das gab anderen Gelehrten Veranlassung, Forschungen über frühere Erscheinungen ähnlicher Art anzustellen. Die Philologen fanden Nachrichten über Tullus, den dritten König der Römer (welcher vom Blitze erschlagen war), die darzuthun schienen, daß sein Tod kein zufälliger, sondern ein durch ein unvorsichtig angestelltes Experiment herbeigeführter gewesen sei.

Blitzableiter unter den alten Königen von Rom.

Der Vorgänger des Tullus, der weise und friedliebende Numa Pompilius, hatte dem Jupiter Elicius einen Tempel erbaut, in welchem er, der Pontifex maximus (der Oberpriester, der als Oberster in ihrer Reihe mit der geheimen Weisheit seiner Kaste Vertraute), mit dem vom Himmel herabgelockten, im Feuer sichtbaren Jupiter sprach. Während der kriegerischen Regierung des Tullus Hostilius war dieser vom Himmel herabgelockte Jupiter vernachlässigt worden, jetzt aber, als er seine Nachbarn besiegt, sein Leben friedlich beschließen wollte, suchte er diesen pomphaften, das Volk beschäftigenden Götterdienst wieder hervor. Allein die Kenntniß, welche Numa und Porsenna von der Natur hatten, — und welche so bedeutend war, daß man die Schriften des Numa, die lange nach seinem Tode in seiner Begräbnißstätte gefunden wurden, als gefährlich, der Religion widersprechend und ihr hohes Ansehen bedrohend, öffentlich verbrannte, — diese Kenntniß ging dem Tullus ab. Als er daher dem Jupiter ein Opfer bringen und dieses auf die früher hergebrachte Weise durch „vom Himmel herabkommendes Feuer" (welches man in den meisten alten Sagenkreisen wiederkehrend findet) anzünden wollte, ward er aus Unkunde mit dem Vorgange von eben diesem Feuer getödtet, vom Blitz erschlagen.

Die Priester sagten zwar, weil er etwas in dem Ritus versehen, falsch gemacht, sei Jupiter in Zorn gerathen und habe ihn erschlagen; allein da ihnen das Experiment selbst der Ritus war, so heißt jener Ausdruck von dem Fehler im Ritus durchaus nichts weiter, als er habe das Experiment nicht nach der bestimmten Vorschrift gemacht.

Wenn wir hier schon sehr deutliche Spuren einer großen physikalischen Erkenntniß finden, so wird es uns nicht wundern, in dem Samothrakischen Mythenkreise, in der Verehrung der Bätylien (Meteorsteine), in dem Dienste des Vulkan, welcher dem Jupiter die Blitze schmiedet, in der Sage von den Kabiren, welche die Naturkräfte bezwingen und zum Dienste der Menschen verwenden lehrten, noch weitere Andeutungen dieser Art zu sehen, und da

da die Griechen und Römer ursprünglich rohe Barbaren, uncivilisirte Räubervölker gewesen, wozu sie denn auch wieder herabgesunken nach einer kurzen Blüthezeit, da sie ihre Bildung von anderen, ihnen weit vorangeschrittenen Nationen erhalten haben, so wird die Frage entstehen: welches waren diese begabten Völker und was haben sie für Kenntnisse gehabt?

Geheimes Wissen der Priesterkaste.

Die erste Frage ist durch die Geschichte leicht beantwortet, so weit reicht unser Wissen hinauf; Klein-Asien (die Phönicier) und Aegypten waren für die Griechen der Stammsitz der Cultur, sowie es Griechenland für die Römer war. Schwieriger ist es, auf die Basis des Wissens der alten Völker zurückzugehen, allein so viel scheint mehr als wahrscheinlich, daß von Generation zu Generation übertragene Geheimnisse im Besitze der Priesterkaste sich von den Indiern auf die Aegypter, von diesen auf die Hebräer und Phönicier vererbt haben, und daß sie zwar naturwissenschaftlichen Inhalts, ihre Besitzer zu scheinbaren Zaubereien, zu Wunderthaten befähigten, daß diese Geheimnisse aber untereinander nicht in einem wissenschaftlichen Zusammenhange gestanden (so daß daraus eine Art Urphysik hervorgegangen), sondern stets vereinzelte Kunststücke, gewissermaßen Recepte zu dem oder jenem Wunder gewesen seien.

Die wissenschaftliche Richtung des Alterthums war eine ganz andere, als sie es jetzt ist. Die neue Zeit sucht das Wissen in das Leben einzuführen, für dasselbe nutzbar zu machen und das Kind dieses glücklichen Bestrebens ist die ganze jetzige Industrie und Technik. Das Alterthum verschloß das Wissen, band seinen Besitz an eine bevorzugte Kaste, verwaltete den Schatz als ein heiliges Geheimniß, als eine religiöse Mysterie, bewachte diese mit eifersüchtigem Blicke, bestrafte den Verräther unnachsichtlich mit dem Tode und die unglückliche Frucht dieser Verkehrtheit war der krasseste Aberglaube bei dem ungebildeten und der krasseste Unglaube bei dem gebildeten Theile des Volkes.

Die Priesterkaste war es, welche bei den Indiern, Aegyptern und den Schülern der letzteren, den Israeliten, sich des Wissens bemächtigt hatte, im Besitz der Geheimnisse Wunder that und sich durch dieselben zu Beherrschern der bethörten Menge machte. Wir finden solcher Wunder zehne vor dem Auszuge der Hebräer aus Aegypten im Wetteifer von den Schülern und den Lehrern verrichtet (blos in dem einen, in der Hervorbringung von Ungeziefer, blieben die Schüler Sieger), und die Spuren solcher Wunder (und damit die Spuren der durch die Priester gemißbrauchten Weisheit) finden wir in allem, was die Mythologie der alten Völker angeht, wiederkehren.

Unseren Gegenstand selbst betreffend, so wollen wir uns an die Aeußerungen Bendavid's in Berlin und des berühmten Orientalisten Michaelis in Göttingen halten, welcher letztere mit der hebräischen Sprache so vertraut war, daß er einen großen Theil des alten Testamentes kritisch übersetzte und für eine der bedeutendsten Autoritäten in diesem Fache gilt; dazu kommt Lichtenberg, wohl unzweifelhaft der gediegenste und geistreichste Physiker seiner Zeit. Alle drei sind der Ansicht, daß die Truhe, in welcher die Juden auf ihrer Wanderschaft die Gesetzestafeln, die Tora und den blühenden Stab Arons bewahrten, daß die Bundeslade ein großartiger elektrischer Apparat und die Stiftshütte die Elektrisirmaschine dazu gewesen sei. Sie leiten diese Behauptung von der Beschreibung beider her und man kann nicht läugnen, daß für denjenigen, welcher dieselbe von dem Standpunkte des Naturforschers betrachtet, viel Wahrscheinliches, dieser Ansicht Entsprechendes darin liegt.

Die Bundeslade war nicht von dem edlen, in Klein-Asien häufig vorkommenden Cedernholz, sondern von dem dort gar nicht heimischen Föhren- (nach Anderen von dem daselbst ebenso wenig vorkommenden Akazien-) Holz gemacht, welches besonders und ausdrücklich sehr trocken verlangt wurde. Man sah hierin den Hauptgegenstand für eine Verstärkungsflasche. Der von solchem trockenen Holze gezimmerte große Kasten sollte inwendig und auswendig mit dünnen Goldblechen bekleidet gewesen sein, und hierin ist das zweite Erforderniß zu einer Verstärkungsflasche gefunden worden, was so weit sehr gut stimmt, denn eine Verstärkungsflasche ist nichts anderes, als ein Isolator zwischen zwei Leitern.

Auch die fernere Beschreibung der Bundeslade, wie dieselbe in dem zweiten Buche Mosis zu finden ist, paßt sehr gut zu der hier ausgesprochenen Ansicht. Die Lade war etwas Unnahbares, wer sich unberufen an sie heranwagte oder wohl gar sie berührte, wurde von daraus hervorbrechendem Feuer getödtet, so die Söhne des Aron selbst, welche mit dem Geheimniß der Entladung nicht vertraut, ein Opfer bringen wollten und dafür erschlagen wurden. — Moses befiehlt, die übliche Trauer mit Scheeren des Bartes und Zerreißen der Kleider zu unterlassen, damit die Trauernden nicht vom Herrn gestraft würden, denn die beiden Jünglinge seien getödtet, um die Macht des Herrn zu bekunden.

So geschah es aber Allen, die sich eines Verbrechens gegen die Priester schuldig gemacht — sie sollten die Unthat durch ein Opfer sühnen und dasselbe auf die Lade niederlegen, dabei wurden sie immer durch herausbrechendes Feuer getödtet, ohne daß an ihrem Leibe eine Wunde wahrgenommen werden konnte.

Man muß zugestehen, daß, wenn vor 2000 Jahren Jemand hätte beschreiben sollen, wie ein Mensch durch Entladung einer elektrischen Batterie um das Leben gekommen, er es nicht wohl anders hätte machen können.

Ladung dieses unvollkommenen Apparats.

Es handelt sich nur noch darum, wie dieser an sich höchst unvollkommene Apparat wohl geladen sein möchte. Denn die drei größten Elektrisirmaschinen der Erde, welche es gegenwärtig giebt, die im Teyler'schen Museum zu Harlem mit 2 Scheiben von 6½ Fuß Durchmesser, die große Maschine des polytechnischen Instituts zu Wien und die Armstrong'sche hydroelektrische Maschine zu London, würden diesen Apparat nicht geladen erhalten haben, weil der Isolator zwischen den beiden Metallbelegungen nicht genügende Isolirungskraft hatte, es wäre denn, daß das Holz, woraus er gebildet, in großer Hitze von Harz durchdrungen und mit demselben nicht allein getränkt, sondern auch in genügender Stärke überzogen gewesen wäre, wofür allerdings kein Zeugniß vorhanden. Wäre aber auch durch solche Mittel eine Ladung möglich gewesen, so gab es doch dergleichen Maschinen damals gar nicht, wohl aber gab es und giebt es noch eine viel größere, die größte und gewaltigste unsers Planeten, die Atmosphäre.

Sie, die ursprünglichste, älteste Dampfmaschine, deren Kessel das Meer, deren Feuerung die Sonne, deren Helm der kühlere Luftraum, 10—12,000 Fuß hoch über der Erde, deren Abzugsrohr die Regensäule ist, welche bald da, bald dort steht, sie ist auch die älteste Elektrisirmaschine und zwar ist sie als solche auf dasjenige Princip gestützt, welches das wirksamste und ausgiebigste ist und welches der Mensch doch nicht zuerst, sondern zuletzt entdeckt und nachgeahmt hat, auf die Veränderung des Aggregatzustandes, sie ist eine recht eigentliche Hydroelektrisirmaschine.

Die von Menschenhand erst etwa vor 10 Jahren gefertigte, die von Armstrong nämlich, ist unter allen Elektrisirmaschinen die kräftigste, sie ist zwei und ein halb Mal stärker als die größte Scheibenelektrisirmaschine, ihr Kessel hat etwa 20 Kubikfuß Inhalt. Allein was ist sie gegen eine Wetterwolke? was sind 20 Kubikfuß gegen eine Kubikmeile? was ein Funke von 20 Zoll gegen einen Blitz von 2000 Klaftern Länge?

Aus dieser gewaltigen hydroelektrischen Maschine, aus der Atmosphäre, wurde der Verstärkungsapparat geladen. Nach der Meinung der oben angeführten Gelehrten, ferner des vielleicht auf einem noch höheren Standpunkte des gleichzeitig philologischen und physikalischen Wissens stehenden Professor Schweiger, dessen Ansichten, wenn auch vielleicht in

ihren Einzelnheiten nicht ganz richtig, doch im Allgemeinen gar nicht bestritten werden können, geht hervor, daß die Priester der Hebräer es verstanden haben, die Elektricität aus den Wolken herabzuziehen. Wahrscheinlich haben sie nicht gewußt, was sie thaten, wahrscheinlich haben sie, wie bereits bemerkt, keine Naturlehre gehabt, auf welche sie ihre Künste oder Kunststücke stützten, aber sie haben dieselben gemacht nach gewissen Vorschriften, welche ihnen überliefert wurden, und haben so praktisch etwas bewirkt, wozu ihnen der theoretische Schlüssel fehlte.

Die elektrische Ladung des gedachten Apparates, den man mit vollem Rechte eine unvollkommen gearbeitete Verstärkungsflasche von ungeheuren Dimensionen (45 Quadratfuß Belegung sowohl auswendig als inwendig), also eine mächtige elektrische Batterie nennen kann, geschah nach Michaelis und Bendavid's Untersuchungen auf folgende Weise:

Sechs Stangen von trockenem Föhrenholz, 60 Ellen hoch, mit metallenen Spitzen, standen in einem großen länglichen Viereck um die Lade herum und bildeten das Gerippe der Stiftshütte, welche aus schweren seidenen Vorhängen gebildet, das Allerheiligste, die Lade des Gesetzes, den Gnadenstuhl u. s. w. einschloß. Von den Spitzen der Stangen gingen goldene Ketten bis auf den Deckel der Bundeslade herab.

Rings um diese Hütte standen noch sechzig Säulen gleicher Art, wie die sechs beschriebenen, in einem länglichen Viereck von 100 Ellen Länge und 50 Ellen Breite (also von einem ganzen Morgen Flächeninhalt) herum, gleichfalls durch seidene Vorhänge mit einander verbunden und den Vorhof des Allerheiligsten bildend. Die sämmtlichen Spitzen der 60 äußeren isolirenden Stangen waren durch goldene Ketten mit den sechs inneren verbunden, so daß sie nach physikalischen Begriffen betrachtet, ein wohlgeordnetes, großes System von Blitzableitern bildeten, welche die ganze Masse der herabgeführten Elektricität auf einen Punkt, auf die Bundeslade concentrirten. Die alten historischen Bücher sagen nun auch, daß, sowie die Hütte mit dem Vorhof fertig gewesen, „die Herrlichkeit des Herrn sich in einer Wolke auf dieselbe herabgelassen und im Feuer vom Himmel kommend sich gezeigt habe, weshalb Aron und Moses schleunigst aus der Hütte geflohen seien, um nicht den Herrn von Angesicht zu Angesicht zu sehen", was für Moses sonderbar genug wäre, da er ja den Herrn sehr oft von Angesicht zu Angesicht gesehen und mit ihm gesprochen — wenn er nicht gewußt hätte, daß hier nicht der gnädige und gütige Vater, sondern der tödtliche Blitz seiner warte.

Die Ladung der Batterie während des Marsches der Israeliten wurde auf eine andere Weise bewerkstelligt, welche für den Physiker eben so un-

zweifelhaft möglich ist, als die vorhin beschriebene durch Blitzableiter, nämlich durch eine Feuer- und Rauchsäule, welche sich von ihr erhob. Rauch, d. h. feine zertheilte Kohle ist ein vortrefflicher Leiter. Solches Feuer brannte, während die Lade von alten Leviten — erfahrenen Leuten — an 12 Ellen langen Stangen getragen wurde; auf ihrem Deckel besorgte die Leitungsfähigkeit der Rauchsäule die Ladung vollständig. Daß solches überhaupt geschehen, geht aus der Beschreibung des Zuges der Israeliten durch die Wüste hervor. Ob es in der Absicht veranstaltet worden, die elektrische Batterie zu laden, wollen wir dahin gestellt sein lassen, daß es jedoch geschehen, ist unzweifelhaft, und daß, wenn es geschehen, dadurch der Apparat geladen werden konnte, ist es eben so sehr.

Setzen wir dieses als richtig voraus, so wird es Niemanden mehr wundern, den Tempel zu Jerusalem durch Blitzableiter geschützt zu sehen.

Der Salomonische und der nach seiner Zerstörung durch Herodes wieder aufgebaute zweite oder Herodianische Tempel stand, in dem gewitterreichsten Lande der Erde, in Palästina, auf einem isolirten, 600 Fuß hohen Felsen und während seines mehr als tausendjährigen Bestehens ist er doch niemals vom Blitz getroffen worden, was ihm, da er ausschließlich des Unterbaues von Cedernholz war, jedenfalls verderblich geworden sein müßte. Allein die Beschreibung, welche wir von demselben sowohl in heiligen als profanen Schriften finden, erläutert dieses Wunder.

Der Tempel stand auf einem gewaltigen, die eine Seite von Jerusalem hoch überragenden Felsen, welchen man an mehreren Stellen 600 Fuß hoch untermauerte, um auf dem Gipfel eine große ebene Fläche zu erhalten. Der Tempel war allerdings in einer Größe errichtet, welche dem Wunder, das man daraus machte, nicht entsprach, denn es giebt jetzt viele Privathäuser von gleicher Ausdehnung, und nur wenig fürstliche Schlösser dürften gefunden werden, die ihn nicht weit hinter sich ließen. Die damalige Anschauungsweise mag wohl eine andere gewesen sein. Was uns aber an demselben interessirt, ist nicht seine Größe, sondern seine Unverletzlichkeit. Der Physiker wird sagen, sie sei höchst natürlich, denn so wenig, als jetzt ein Haus, das mit Metall gedeckt ist, noch vom Blitz zerstört werden kann, so wenig damals. Das Bretterdach war mit Goldplatten belegt (vergoldet, d. h. aber in der Sprache der damaligen Zeit, welche unsere Vergoldung im Feuer so wenig als unsere galvanische Vergoldung kannte, nichts weiter als mit dünn geschlagenem Golde gedeckt), wie es ganz unzweifelhaft im 6. und 7. Capitel des ersten Buches der Könige zu lesen ist.

In dem Felsen, auf welchem der Tempel stand, waren mächtige Cisternen ausgehöhlt, welche dazu dienten, das Regenwasser aufzufangen,

das in diesem äußerst quellenarmen Lande das Trink- und Waschwasser hergab; für den zahlreich bewohnten Tempel war dies um so nöthiger, da bei solcher Höhe von einem Brunnen bis auf die Thalsohle gar keine Rede sein konnte. An den inneren Winkeln des Tempelgebäudes liefen deshalb große kupferne Röhren von dem Dache nach diesen Cisternen, welche das Regen- und Thauwasser dorthin führten.

Es bedarf wohl keiner weiteren Auseinandersetzung, daß ein so bedachtes und mit mächtigen bis unter sein Fundament hinab reichenden Röhren versehenes Haus jedem Unwetter trotzen konnte. Welcher Blitz hätte ihm zu schaden vermocht, welcher Blitz wäre nicht von einer so ausgedehnten Metallfläche aufgefangen, von so umfangreichen Regenrinnen unschädlich niedergeleitet worden?

Zum Ueberfluß erfahren wir aber noch, daß der Herodianische Tempel mit einer großen Anzahl von metallenen Spitzen besetzt, daß sein Dach ganz damit bedeckt gewesen sei. Die Spitzen dienten (nach dem Bericht der profanen Schriftsteller, namentlich nach dem des jüdischen Geschichtschreibers Flavius Josephus, welcher ein geborner Levit der pharisäischen Secte, die Zerstörung von Jerusalem unter Vespasian erlebte) lediglich um die Vögel abzuhalten, sich auf das Dach zu setzen und das Heiligthum zu verunreinigen.

Wäre dies ihr alleiniger Zweck, so hätten Drahtstifte wohl genügt, sie müßten zwar etwas dicht, etwa zollweit, von einander gestanden haben, sonst würden kleine Vögel doch nicht gehindert worden sein, das Dach zum Ruhesitz zu wählen, wie groß aber und wie klein gewesen, ist nirgend gesagt.

Wir haben in neuerer Zeit einen viel gebrauchten, beliebt gewordenen Ausdruck erhalten: „zwischen den Zeilen lesen;" diese Kunst, welche viele Personen, besonders Diplomaten, auf einen hohen Grad ausgebildet haben, so daß es bei diesen sogar eine eigentliche Fertigkeit giebt, zwischen den Zeilen zu schreiben, — wenn schon mit unsichtbarer, doch nicht mit unlesbarer Dinte, — diese Kunst ist sehr zweifelhaft und gefährlich, man kann da Dinge zu lesen bekommen, an welche der Schreiber nicht im Entferntesten gedacht hat. In unserem Falle ist aber die Schrift zwischen den Zeilen so außerordentlich deutlich, daß ein Irrthum nicht möglich.

Die Leviten, die kriegerischen Priester der Juden vertheidigten, nachdem Jerusalem schon zum größten Theil erobert und zerstört war, noch den Tempel, welcher wie Akrokorinth und die Akropolis von Athen zugleich Sitz aller Heiligthümer und Citadelle war. Sie waren bei ihrer hartnäckigen Tapferkeit noch nicht zum Aufgeben der Vertheidigung zu bewegen, als sie

schon keine Geschosse mehr hatten: „sie brachen bei dem letzten Sturm der Römer die Spitzen von dem Dache des Tempels und schleuderten sie als Wurfspieße auf die andringenden Feinde.“

Hier steht ganz deutlich zwischen den Zeilen, wie groß die Spitzen waren, sie wurden als Wurfspieße gebraucht, es mußten also klafterlange Stangen gewesen sein, das heißt eben so deutlich „Blitzableiter“ und so scheint denn der verborgene Zweck derselben ganz unzweifelhaft vorzuliegen.

Wir sind hiermit in der Geschichte der Blitzableiter bis auf die fernsten Spuren zurückgegangen; es soll dabei nicht behauptet werden, daß alles was davon gesagt, so aufgefaßt werden müsse, es sind besonders die Theologen die entschiedensten Gegner dieser Auslegung, sie verschütten aber das Kind mit dem Bade und nennen jeden Versuch einer natürlichen Erklärung schon lästerlich und verbrecherisch, allein so vielfältig Michaelis' und Bendavid's Idee auch eine sonderbare genannt worden, es läßt sich doch nun einmal nicht läugnen, daß alles Beschriebene die angegebenen Zwecke gehabt haben könne und daß es dieselben vollständig erfüllt haben würde, ja daß wir, was die Blitzableiter betrifft, mit allen Theorien keine besseren aufstellen können, als diejenigen gewesen, welche den Herodianischen Tempel so lange Jahre gegen Blitze bewahrten.

Fernere Versuche mit der Luftelektricität.

Als die oben angeführten Versuche von de Romas und Anderen bekannt wurden, reihte sich bald ein Experiment an das andere; Cavallo in England, Brisson in Frankreich, Beccaria in Italien, unzählig viele Gelehrte in Deutschland machten dergleichen und es ergab sich sehr bald, daß die Luft überhaupt, die Atmosphäre, auch ohne Vorhandensein von Wolken immerfort Elektricität erzeuge und als die gründlich forschenden Deutschen einmal die Sache in die Hand nahmen, fand sich auch durch Winkler, Gehler, Achard, Lieberkühn, Green, Gilbert, Fischer, Erman und viele Andere, daß alle diese großartigen Veranstaltungen und gefährlichen Versuche überflüssig seien, daß man mittelst eines empfindlichen Elektroscops, eines 3 Fuß langen Drahtes und eines Stückchens Schwamm die Luftelektricität jederzeit auffinden und prüfen könne.

Das Verfahren hierzu, von Brandes, Erman und Seebek besonders ausgebildet, besteht darin, daß man auf ein sehr empfindliches Goldblattelektroscop einen ½ Linie dicken, sehr fein gespitzten Messingdraht aufschraubt, das Instrument, wenn man im Freien ist, durch Berührung mit der Hand ausgleicht, so daß sich daran keine Spuren von Elektricität zeigen,

nun dasselbe an seinem Fuße anfaßt, senkrecht hält, so niedrig wie möglich und dann plötzlich dasselbe emporhebt, so hoch der Arm reicht, dergestalt, daß zuletzt die Drahtspitze etwa 4 Fuß hoch über dem Haupte des Experimentators steht.

In der Regel gehen bei diesem Aufheben die Goldblättchen auseinander und wenn das Glas des Elektroscopes gut ist, so hält es die Elektricität lange genug zusammen, um sie prüfen und bestimmen zu können, ob sie positiv oder negativ sei. Erreicht man durch das Aufheben des Instrumentes jedoch keine Elektricität, so muß man darum nicht glauben, es sei überhaupt keine vorhanden; sie würde entdeckt werden, wenn der Leiter länger wäre; durch Aufsetzen längerer Drahtspitzen wird dies unbequem, weil der Draht sich biegen würde — der Leiter braucht indessen nicht aus Metall zu sein, wenn er sonst nur gut ist; dies erreicht man dadurch, daß man ein Stückchen Schwamm auf die Spitze des Elektrometers befestigt und den Schwamm nun anzündet. Sobald der Rauch in ruhiger Luft aufsteigt, 6 bis 7 Fuß über die Spitze, so ist der entschiedenste und unzweifelhafteste Ausschlag der Blättchen vorhanden.

Elektrische Luftballons.

Die neuere Zeit hat viele ihrer Erfindungen der Physik dienstbar gemacht; eine derselben ist die Auflösung der Schießbaumwolle in Aether zu einer gallertartigen Flüssigkeit, welche man Collodium nennt. Diese Flüssigkeit, auf eine Glastafel gegossen und der Verdunstung ausgesetzt, läßt eine ziemlich feste Haut zurück, welche unter allen bekannten Körpern die ausgezeichnetsten elektrischen Eigenschaften hat, so daß die leiseste Berührung genügt, Anziehung und Abstoßung so anhaltend und dauerhaft zu zeigen, daß nichts anderes sich damit vergleichen läßt.

Aus so gewonnenen Häutchen kann man kleine Ballons verfertigen, am einfachsten und leichtesten aber, indem man etwas Collodium in kugelförmige Glasgefäße (Kolben) gießt, so daß die Wandung rundum bespült wird, was man der Sicherheit und der größeren Festigkeit wegen ein paar Mal wiederholen kann. Der nach vollständigem Trocknen aus dem Glasgefäß gelöste Ballon von Collodium kann nun, mit Wasserstoffgas gefüllt, sehr leicht zum Steigen gebracht werden, indem seine Hülle äußerst wenig wiegt; ein Ballon von 6 Zoll Durchmesser steigt so hoch, daß er sich den Blicken entzieht.

Bindet man an den Verschluß solcher Ballons einen feinen Silberlahn (dies ist besser als Silberfaden, weil man sich bei dem Lahn sofort über-

zeugt, ob er zusammenhängend ist, während der Lahn, welcher auf dem Seidenfaden aufgewickelt, nicht selten aus Stücken besteht, denen die für elektrische Zwecke nöthige Continuität fehlt), d. h. den feinsten, dünnsten geglätteten, mit Silber überzogenen Kupferdraht, so nimmt der steigende Ballon mehrere hundert Fuß davon mit in die Luft und das andere Ende dieses Drahtes an das Elektrometer befestigt, verbindet die Goldblättchen desselben mit sehr hohen Schichten der Atmosphäre.

Vor einiger Zeit stellte ich mit einem solchen Ballon von ungefähr 1 Fuß Durchmesser an einem sehr ruhigen Tage Versuche an, welche mich belehrten, daß die Schichten der Atmosphäre von sehr verschiedener Beschaffenheit sind.

Eine Spule Silberlahn ward auf eine sehr leicht bewegliche kleine Haspel mit polirten Axen gewickelt. Der Apparat stand auf zwei dünnen Glasstangen und war dadurch sehr gut isolirt. Bevor das abzuwickelnde Stück Lahn an den Ballon geknüpft ward, hatte ich dasselbe durch eine runde Oese von polirtem Kupferdraht, die an Stelle der Drahtspitze auf dem Elektrometer befestigt war, gezogen. So hob der aufsteigende Ballon den Lahn mit sich empor, brachte im Steigen das Elektrometer ununterbrochen mit den Luftschichten in Verbindung, welche er durchschritt, und die etwa herabgeleitete Elektricität konnte sich nirgend äußern als an dem Elektroscop, auch nicht verloren gehen, weil der kleine Haspel isolirt war.

Im Verlauf des Experiments ward bemerkt, daß bei dem Aufsteigen des Ballons die Zeiger des Elektroscops (nach Volta's Angabe feine Strohhälmchen statt der Goldblättchen) sehr schnell divergirten, dann zusammenfielen, dann wieder divergirten u. s. f. Bei der näheren Untersuchung ergab sich, daß die Elektricität, welche durch den Silberfaden herabgeleitet worden, zuerst positiv, dann negativ, dann wieder positiv und so abwechselnd mehrere Male entgegengesetzt elektrisch wurde, welches zu beweisen scheint, daß der kleine Ballon nach und nach in Luftschichten kam, deren Elektricität verschieden war und welche da, wo sie sich berührten, sich gegenseitig ausglichen.

Der Zustand ist ein ungewöhnlicher; in der Regel ist die Luft positiv elektrisch und wird es um so mehr, je höher der Auffauger gehoben wird, allein sowie man bei einiger Aufmerksamkeit sehr deutlich zwei, drei verschiedene Wolkenzüge übereinander nach verschiedenen Richtungen streichen, sich von einander ganz unabhängig bewegen sieht, so können auch klare Luftschichten sich in verschiedenen Richtungen bewegen, ohne daß man es sieht, weil das Merkmal, die Wolke, fehlt. Ein Papierballon mit Leuchtgas gefüllt, wenn er auch nur vierhundert Fuß hoch steigt, giebt durch den sehr

verschieden gekrümmten Weg, den er zurücklegt, davon unzweifelhaft Kunde, und sind solche Schichten nachweisbar vorhanden, so ist Verschiedenheit der Elektricitäten in denselben gar nichts Wunderbares.

Ursprung der Luftelektricität.

Woher die Elektricität der Luft komme, ist häufig der Gegenstand müßiger Speculationen, wunderlicher Erklärungen und sorgsamer Forschungen gewesen. Die Resultate der letzteren, welche natürlich allein der Berücksichtigung werth sind, haben gezeigt, daß Temperaturdifferenzen in verschiedenen Höhen und Erzeugung, sowie Niederschlag von Dampf (d. h. Veränderung des Aggregatzustandes des Wassers) die Hauptrolle spielen, und daß also, wie Kämtz sehr richtig sagt, das Gewitter nicht eine Folge der in der Luft vorhandenen Elektricität, sondern umgekehrt diese eine Folge des entstehenden Gewitters, d. h. der Wolkenbildung ist.

Es dürfte überflüssig sein, von Erscheinungen zu sprechen, welche Jedermann kennt, Blitz und Donner zu beschreiben, welche jedes Kind besser gesehen und gehört hat, als der größte Dichter sie ausmalen kann, dies ist nicht der Zweck der gegenwärtigen Blätter; ein anderes ist es mit einigen Wirkungen des Blitzes und den Mitteln, sich dagegen zu schützen, sie gehören recht eigentlich in ein Lehrbuch der Physik.

Zwischen Wolke und Erde (zwei leitende Körper, durch einen Isolator getrennt) entsteht eine elektrische Spannung, wobei der eine Körper negativ, der andere positiv sein muß (dies bedingt eben die Spannung, — wie stark sie elektrisirt sind, bedingt die Höhe der Spannung). Eine Folge dieser verschiedenen Elektrisirung ist das Bestreben sie auszugleichen; geschieht dies plötzlich, so nennt man die Erscheinung Blitz und Donner, geschieht es langsam, so nimmt man nichts davon wahr oder höchstens dasjenige, was man

St. Elmsfeuer

nennt. Hat der Verfasser es für überflüssig gehalten, Blitz und Donner zu beschreiben, so ist dies doch keineswegs so mit der Erscheinung des St. Elmsfeuers, weil sie eine viel seltenere und weniger bekannte ist, wenn schon wahrscheinlich nur deshalb, weil man das nicht eben auffallende Phänomen unbeachtet an sich vorübergehen läßt.

In den Berichten der alten Historiker Cäsar, Livius, Plutarch, Procopius, ferner in denen des Seneca, des Plinius, findet man wiederholt des Leuchtens erwähnt, welches die Lanzenspitzen einzelner Soldaten, ja ganzer Legionen zierte, eben so wird des Leuchtens der Schiffsmasten gedacht und man knüpfte hieran die Behauptung, dergleichen sei im Alterthume viel häufiger gewesen als in neuerer Zeit. Das Wahre an der Sache aber ist, daß in jenen Zeiten des wunderlichsten Aberglaubens die Auguren und Zeichendeuter sich einer jeden auffallenden Erscheinung bemächtigten, um daran ihre Orakel zu knüpfen; — wem fällt jetzt wohl ein, aus dem Fluge der Krähen und Raben, wie sonst in Rom aus dem der Raben und Falken oder aus den Eingeweiden der geschlachteten Hühner, Vorbedeutungen abzuleiten? — wenn dies aber schon genug war, wie sollte etwas so Wunderbares, wie das Leuchten von Lanzen- und Mastspitzen, nicht Aufmerksamkeit erregt haben?

Würden vor einem Gewitter oder während desselben die Augen einiger ruhiger Beobachter auf die Thurmspitzen oder die Blitzableiter gerichtet sein, so würde wahrscheinlich bei einem jeden Gewitter das St. Elmsfeuer vielfältig gesehen werden. Meine freundlichen Leser bitte ich dies zu beherzigen; sie werden finden, daß sich ihre Aufmerksamkeit belohnt. Auf hervorragenden Gegenständen, wie die gedachten, zeigt sich während oder nach und vor Gewittern ein Schimmer von mehr oder minder großer Intensität, theils rundlich, theils lang, aufwärts gestreckt, büschel- oder ruthenförmig, mitunter so groß, daß man nicht zweifeln kann, eine halbe Elle werde erreicht oder gar bedeutend überschritten.

Die Matrosen katholischer Confession nennen die Strahlenbüschel auf den Mastspitzen „Lichter, Kerzen" und glauben, es sei der heilige Elmo, welcher in Person erscheine und jene Kerzen anzünde, daher sie auch sofort zu ihm zu beten, an ihn Gesänge zu richten pflegen; der heilige Elmo ist jedoch wahrscheinlich nur aus einer Verdrehung des Namens Helena (Elena) entstanden und stammt also nicht aus dem christlichen, sondern dem heidnischen Alterthum.

Zwei leuchtende Spitzen nannte man damals Castor und Pollux (auf alten Bildwerken werden diese Heroen jederzeit mit Sternen oder Flämmchen über den Häuptern gebildet oder geformt und vielleicht davon allein glaubte man in den leuchtenden Spitzen die Symbole dieser Halbgötter oder sie selbst zu sehen), eine leuchtende Spitze hieß dagegen Helena und sie war Unglück bedeutend, wie jene doppelten Glück bringen sollten.

Diese Lichter sind im Großen das, was im Zimmer des Experimentators die leuchtenden Spitzen oder Strahlenbüschel an den elektrischen Ap-

paraten sind, und man hat sie jetzt allgemein als Aeußerungen der Elektricität kennen gelernt. Auffallender als an Thürmen sind sie aber an niederen (doch immer über den Boden hervorragenden) Gegenständen; auch dafür hat man aus neuer und neuester Zeit interessante Beobachtungen, deren Arago mehrere gesammelt hat.

Lichterscheinungen an niederen Gegenständen.

Wir wollen nicht sagen, daß dieser Beispiele bestgewähltes dasjenige sei, womit Arago die Reihe beginnt:

In dem Itinerary des Fynes Moryson, Secretairs des Lord Montjoy, liest man, daß am 23. September 1601 bei der Belagerung von Kingsdale die auf Wachtposten befindlichen Reiter, während der Himmel von Blitzen ohne Donner durchzuckt wurde, auf den Spitzen ihrer Lanzen und Degen Lampen brennen sahen.

Man kann hiergegen den Aberglauben und die Wundersucht jener Zeit, in welcher (ja noch über ein Jahrhundert später) Teufel und böse Geister ausgetrieben, Zauberer und Hexen verbrannt wurden, einwenden; weniger aber ist dies möglich mit den nachfolgenden Erzählungen, die zum Theile von Männern der Wissenschaft herrühren.

Auf der Bergakademie Freiberg in Sachsen beobachtete der bekannte und berühmte Lampadius am 25. Januar 1822 nach einem heftigen Schneegestöber, daß die Luftelektricität ungewöhnlich stark sei. Ein Eleve dieser höheren Lehranstalt, v. Thielau, aus dem Collegium nach Hause gehend, gewahrte an den Bäumen der Halsbrückener Straße einen starken Lichtschimmer, welcher beim Nähertreten sich als ein sämmtliche Zweigspitzen zierendes, elektrisches Licht auswies, das auch von denjenigen Zweigen, welche niedergebogen und gegen die Erde gerichtet wurden, sogleich wich, jedoch von Neuem erschien, sobald man die Zweige wieder losließ und sie sich aufrichteten. Es war dies nicht auf einen Baum beschränkt, man sah im Gegentheil sämmtliche Bäume der gedachten Straße so leuchten. Zur selben Zeit bemerkten drei Bergleute auf der entgegengesetzten Seite der Stadt, daß die Flocken des fallenden Schnees lebhaft leuchteten.

Am 14. Januar 1824 ward nach einem Gewitter ein ähnliches Phänomen nahe bei Cöthen durch Professor Maxdorf beobachtet. Derselbe sah nämlich einen mit Stroh beladenen Wagen, mitten im freien Felde unter einer schwarzen Wolke stehend, über und über leuchten, die Strohhalme richteten sich auf und ihre Spitzen glänzten im hellen Lichte, die

Peitsche des Fuhrmanns nicht minder. Das Phänomen dauerte ungeschwächt etwa 10 Minuten lang, bis die Wolke vorüber gezogen war, dann ward das Leuchten weniger lebhaft und verschwand endlich ganz.

Dr. Allamand sah am 3. Mai 1821 in der Nähe von Neufchatel, daß sein Hut und sein Regenschirm leuchtete, und James Braid zu Leadhills bemerkte am 20. Februar 1817 auf einem Spazierritt, während dessen er von einem Regen überrascht wurde, daß die Ohren seines Pferdes und der Rand seines Hutes lebhaft leuchteten, ja daß unzählige kleine Fünkchen eines gegen das andere fuhren, bis es zu regnen begann, wo dann das Leuchten der Ohren des Pferdes sogleich aufhörte, das des Hutes jedoch erst, als derselbe ganz durchnäßt war.

Eine ähnliche Erscheinung überraschte einige Offiziere vom Corps de genie in Algier, welche auf den Wällen des Forts Bab Azoum spazieren gingen. Jeder derselben gewahrte das Haupt seines Nachbars in hellem Schimmer leuchten. Die jungen Männer, alle mit den Erscheinungen der Physik vertraut, stellten sofort Versuche an, hoben die Hände und andere mehr oder minder spitze Gegenstände in die Höhe und sahen diese jederzeit lebhaft leuchten, und um so stärker, je höher die Spitzen waren. Die Elektricitätsquelle mußte dabei sehr nahe sein, denn die Haare der Offiziere sträubten sich, als ob dieselben auf Isolirstühlen gestanden hätten.

Noch näher in der Zeit liegt uns ein Ereigniß, daß sich in den Niederlanden begab. Das kleine Städtchen Hasselt am Zwarten Water (ehemalige Festung, jetzt ganz verfallen) erlitt am 8. Januar 1839 ein furchtbares Gewitter, das die ganze Provinz Ober-Yssel heimsuchte, zu Hasselt aber den Kirchthurm beschädigte. Zwischen diesem Städtchen und Zwolle waren viele Landleute auf den durch eine Sturmfluth bedrohten Dämmen beschäftigt. Wenige Augenblicke vor dem die Kirche treffenden Blitze sahen die Arbeiter mit nicht geringem Schrecken ihre Kleidungsstücke, ihre Haare, ihre Kopfbedeckungen leuchten (brennen, wie sie sich ausdrückten); sie bemühten sich eine Zeitlang, die Flammen von sich abzustreifen; nachdem sie die Vergeblichkeit ihrer Anstrengungen eingesehen, richteten sie ihre Blicke auf ihre Umgebung und sahen, daß Bäume, Sträucher, die Masten der am Ufer liegenden Schiffe in gleichem Glanze leuchteten. Als der zerstörende Blitz erschien, verschwanden die Flämmchen.

Es ist fast zweifelhaft, ob dasjenige, was wir jetzt anführen wollen, durchweg zu den elektrischen Erscheinungen gehört; da jedoch ein völlig nachweisbarer Uebergang von dem elektrischen St. Elmsfeuer zu diesen Phänomenen vorhanden ist, wird man dieselben nicht wohl anders klassificiren können.

Im Jahre 1837 ward bei einem aufsteigenden Gewitter eine merkwürdige Erscheinung beobachtet. Ein am Meeresufer liegendes kleines Schiff, welches durch eine lange Ankerkette befestigt war, sah Traill zuerst an der Mastspitze, dann auch an der Ankerkette leuchten und zwar in einem so merkwürdigen Grade, daß die Flamme auf der Spitze des Mastes eine halbe Elle hoch wurde und die Ankerkette nicht nur in einer Länge von 600 Fuß leuchtete, sondern dieses Leuchten eine Breite von nahe 200 Fuß und einen blutrothen, weit sichtbaren Schimmer hatte. Die Erscheinung der Strahlen am Mast ist unzweifelhaft elektrisch, man ist gezwungen, dasselbe von der leuchtenden Kette zu denken, doch kann man nicht recht fassen, warum die Elektricität, welche durch den Mast zu der Schaluppe geleitet wurde, nicht aus dieser unmittelbar in das Wasser überging, sondern den langen Weg durch die Kette wählte, welche doch nicht Raum genug für die ihr zuströmende Elektricität hatte, da sonst dieselbe nicht geleuchtet haben könnte. Sollte durch den Mast (von Holz) dem Schiffe mehr Elektricität zugeströmt sein, als durch dieses und die Kette in das gut leitende Salzwasser geführt werden kann? es wird dieses schwer faßlich, muß jedoch wohl der Fall gewesen sein, da das Factum an sich nicht bezweifelt werden kann.

Der Uebergang der Elektricität aus einem Leiter in einen anderen ist, sobald ein nicht leitender Raum zwischen beiden Leitern befindlich, jederzeit mit Lichterscheinungen verbunden. Wenn eine Gewitterwolke (also stark elektrisch) in die Nähe einer Regenwolke kommt, welche nicht elektrisch ist, so wird jederzeit ein Ueberströmen von Elektricität statt finden, die positive Elektricität der einen Wolke wird, um selbst indifferent zu werden, um außer Spannung zu kommen, die negative Elektricität der indifferenten Wolke in ihre Nähe ziehen, und wenn der Zwischenraum zwischen beiden nicht zu groß ist, wird man beide Wolken leuchten sehen.

Was hier der Theorie zufolge als möglich angenommen wird, das ist vielfach beobachtet worden, Arago hat Wolkenstreifen zu verschiedenen Zeiten in andauerndem Lichte leuchten gesehen; der englische Physiker Joule hat bei einem Gewitter ein ähnliches Phänomen beobachtet, der Zwischenraum zwischen der Gewitter- und der Regenwolke leuchtete, bevor beide in einander flossen, fünf Minuten lang in hellem, rothem Lichte. Der bekannte Seefahrer Major Sabine beobachtete ein noch auffallenderes Phänomen auf einer der schottischen Inseln. Ein allein stehender Berg derselben war mehrere Tage hindurch von einer gleichsam daran haftenden Wolke verhüllt. Die Wolke leuchtete während der dazwischen liegenden Nächte in einem ununterbrochenen, nur in der Helligkeit wechselnden Schimmer und schoß sehr

häufig Strahlen, welche jedoch nicht blitzähnlich waren, sondern das milde Licht der aus Spitzen strömenden Elektricität, oder wie Sabine sagt, das Leuchten des Nordlichts hatten.

Schon ganz anders ist die folgende Erscheinung: das Schiff „Der Montagne" ward mitten auf dem atlantischen Meere durch den Blitz (wenn man so sagen darf) beschädigt. Eine am hellen Mittage als feurige, bläulich brennende Kugel, von der Größe eines mächtigen Mühlsteines (drei Ellen im Durchmesser), rollte aus großer Entfernung auf dem Meere daher auf das Schiff zu. Etwa 100 Fuß davon stieg dieselbe senkrecht empor und flog unter einem Krachen wie von hundert gleichzeitig abgefeuerten Geschützen über das Schiff hinweg, den großen Mast berührend und ihn von oben bis unten spaltend.

Ist diese Erscheinung schon durchaus nicht blitzähnlich, so waren es doch ihre Folgen, Spalten des Mastes, Herunterwerfen und Zersplittern der großen Marsstange, Lähmung von fünf Matrosen, wovon einer starke Brandwunden hatte. Die aus der Stange gerissenen großen Nägel waren mit solcher Gewalt auf das Verdeck herabgeschleudert, daß sie tief in die Bretter drangen und nur mit Hülfe starker Zangen herausgeholt werden konnten.

Ganz fremd werden nun folgende Phänomene. Die ganze Oberfläche eines Fischteiches in der Nähe von Parthenac in Poiton, im südlichen Frankreich, ward während eines Gewitters mit einer breiten Flamme bedeckt, welche so stark und intensiv war, daß man das Wasser des Teiches durch dieselbe nicht mehr sehen konnte. Am andern Morgen schwammen alle Fische todt auf der Oberfläche desselben.

Ist diese Erzählung vielleicht ungenau, weil sie sich aus dem Jahre 1767 herschreibt (wo sich die Elektricitätslehre erst entwickelte und man Vieles mit andern Augen ansah, als man es jetzt ansehen würde), so läßt sich doch nichts einwenden gegen eine noch viel auffallendere Erscheinung, welche Parry und Sabine mit einander beobachteten und welche unserer Zeit sehr nahe liegt.

Die beiden genannten Seemänner hatten eben ihre erste Nordpolexpedition beendet und kehrten im Herbste von derselben nach England zurück. Sie befanden sich im grönländischen Meere, als sie in einer der äußerst finsteren Nächte jener Gegenden von dem wachthabenden Offizier auf das Verdeck gerufen wurden, weil derselbe etwas ganz Seltsames bemerkt hatte.

Vor dem Schiffe, genau im Course, in der Richtung desselben, zeigte sich ein mildes, aber helles und ganz ruhig stehendes Licht auf dem Meere, das einen bedeutenden Umfang hatte und sich auch mehrere hundert Fuß aufwärts erstreckte, während der übrige Himmel rund umher in seiner ge-

wöhnlichen tiefen Schwärze blieb. Da die Karten keine Gefahr angedeutet, keine Klippe, keine Untiefe vermerkt war, so veränderte man die Richtung

Fig. 65.



des Schiffes nicht. Als das Schiff in die leuchtende Gegend kam, stand die ganze Mannschaft schweigend, aufmerksam, in tiefes Staunen versunken auf dem Verdecke, in Erwartung desjenigen, was sich begeben würde. Es wurde von keinem der Beobachter etwas anderes (Geruch, Gefühl, Zucken) wahrgenommen, als Helligkeit, welche aber so groß war, daß man mit Leichtigkeit das feinste Tauwerk in der Spitze der Masten erkennen konnte.

Der Raum, den diese Lichtstelle auf dem Meere einnahm, mochte eine Länge von 200 Faden haben und sie war so scharf begrenzt, daß bei dem Austritt aus derselben der Vordertheil des Schiffes plötzlich im Finstern stand, die Dunkelheit sich nach und nach über das ganze Schiff erstreckte, und nun die Mannschaft rückwärts nach dem unverändert an seinem Orte bleibenden Lichtphänomen sah, das noch lange seinen Schimmer an derselben Stelle behielt.

Arago sagt hierüber: „Die Ursache dieser Erscheinung ist", um einen schönen Ausdruck des Plinius zu gebrauchen, „noch in der Erhabenheit der Natur verborgen."

Maffei und La Chappe d'Auteroche, ein Paar berühmte Gelehrte des vorigen Jahrhunderts, haben ähnliche Erscheinungen beobachtet, wollen aber hieraus und aus vielfältiger eigener Anschauung herleiten, daß die Blitze nicht in den Wolken, sondern an der Erde entstehen, nicht aus den Wolken hernieder-, sondern aus der Erde hinauffahren, ja sie und ihre Anhänger behaupten, sie haben den Blitz gleich Raketen aufsteigen sehen. Allerdings zeigen sich die Funken aus einer kräftigen Elektrisirmaschine, wenn sie zackig werden und gegen einen Körper schlagen, den sie nicht erreichen, sehr deutlich, so verzweigt, daß ihre Wurzel an dem Conductor der Maschine haftet und ihre Verzweigungen in die Luft gehen — hierbei glaubt man zu sehen, daß die Funken von der Maschine kommen; wird der dargebotene Leiter jedoch von dem Funken vollständig und ohne Verzweigungen erreicht, so ist es unmöglich zu bestimmen, ob er von der Hand zum Conductor oder von dem Conductor zur Hand geht. Nach den Untersuchungen Wheatstone's findet übrigens weder eines noch das andere statt, sondern die beiden Elektricitäten verlassen gleichzeitig die mit ihnen behafteten Körper

und begegnen sich in der Mitte. Die Zeit selbst ist dabei, wie bereits bemerkt, so kurz, daß die Richtung des Weges nicht verfolgt werden kann, allein Arago wagt doch zu sagen: „eine entscheidende Stimme wird derjenige haben, der zuerst einen Blitz an der Erde entstehen sieht, welcher die Wolken über ihm nicht erreicht (dies ist analog dem oben erwähnten, die dargebotene Hand nicht erreichenden Funken“). Auch dann aber würde nur die Thatsache feststehen, daß es ebenso Blitze giebt, welche aus der Erde aufwärts, als solche, die von den Wolken abwärts gehen, keinesweges, daß sie alle aufwärts steigen.

Der Sprachgebrauch berechtigt uns allenfalls zu der Annahme des Ausdrucks: „die Blitze kommen aus den Wolken“, viel bessere Gründe haben wir dafür nicht und zwar um so weniger, als bei jedem Ueberschlagen eines Funkens ein Begegnen beider Elektricitäten auf der Mitte des Weges eine festgestellte Thatsache ist.

Nehmen wir vollends an, wie es die älteren Physiker noch glauben, ohne es selbst zu wissen — der Franklin'schen Theorie anhängend — derjenige Körper, welcher positiv elektrisch sei, gebe die Funken aus, und derjenige, welcher aus Spitzen ausströmend lange Strahlenbüschel zeige, sei der positive Körper, so unterliegt keinem Zweifel, daß die Blitze meistens aus der Erde kommen, denn die St. Elmsfeuer sind solche Strahlenbüschel und sie strömen von den Thurmspitzen der Erde aufwärts nach den Wolken zu, diese müssen also negativ, die Erde muß positiv sein! Der umgekehrte Fall, daß die Spitzenlichte nur leuchtende Punkte, Sternchen sind, also negative Elektricität kund geben, ist der viel seltnere.

Von den Blitzableitern.

Wie dem aber auch sei, wir haben in diesen Flämmchen einen Fingerzeig für den Weg, den die Elektricität nimmt, und es wäre wohl schon vor Jahrtausenden möglich gewesen, diesem Fingerzeig zu folgen, wenn man frühzeitig genug auf die Identität der Luft- und Reibungselektricität und auf den Zusammenhang zwischen dem St. Elmsfeuer und den Gewittern gekommen wäre, es geschah jedoch nicht und Franklin ging einen anderen Weg.

Der Verfasser hat bereits darauf hingewiesen, daß, wenn Franklin auch nicht der Ruhm der Entdeckung der Identität des Blitzes und des elektrischen Funkens zusteht, er doch den sichersten Weg einschlug, um von der Entdeckung Vortheil zu ziehen, den Weg der Versuche. Er hatte ge-

funden, daß Spitzen die Elektricität ohne Geräusch aufnehmen, wenn sie aus leitenden Stoffen gemacht und mit dem Erdboden gut leitend verbunden sind; er schreibt deshalb im Jahre 1753 an seinen Freund Wilkens: „Man müßte anfangen, auf die höchsten Theile der Gebäude aufrecht stehende Stangen von Eisen zu befestigen, diese müßten so scharf als Nadeln gemacht und, um dem Roste vorzubeugen, vergoldet werden, von dem unteren Ende dieser Stangen müßte man leitende Drähte längs des Hauses bis in den Erdboden hinab gehen lassen, bei Schiffen aber müßte der Draht an einem der Mastseile und längs der Schiffswand bis in das Wasser hinab gehen. Diese spitzen Stangen würden vermuthlich das elektrische Feuer aus einer Wolke schon weit eher und ganz stillschweigend abführen, als dieselben zum Schlagen kämen und würden uns hierdurch vor diesem plötzlichen und schrecklichen Unglück in Sicherheit stellen."

Ganz gleichzeitig mit diesem Vorschlage, wenn nicht sogar um etwas früher (denn das in lateinischer Sprache geschriebene Werkchen von der Kunst, den Blitz abzuleiten, erschien gedruckt in Leipzig 1753) rieth der Professor Winkler, auf den Gipfel der Gebäude isolirte Metallstangen zu setzen und von diesen, von dem Gebäude abstehend, eine lange Kette oder einen ¼ Zoll dicken Kupferdraht, auf Stangen ruhend, bis zur Erde hinab zu führen. In dieser Art wurde auch auf dem Hause des Procopius Diwisch (den man sonderbarer Weise zum Baron Diebitsch und zum Großvater des berühmten, in russischen Diensten gestorbenen Schlesiers Diebitsch Sabalkanski macht), eines Geistlichen zu Prendiz in Mähren, ein Ableiter wirklich errichtet, es verging jedoch, trotz des ungeheuren Aufsehens, welches die Erfindung machte, eine lange Zeit, bevor man sich entschloß, diese Wohlthat anzunehmen; in Deutschland fürchtete man, den Blitz durch diese Stangen herab zu locken, in Nordamerika duldete der freisinnige Pöbel die Aufrichtung der Wetterstangen nicht, weil es sündlich sein sollte, mit Stangen und Spießen nach dem Himmel zu zeigen, und weil es noch sündlicher sein sollte, dem strafenden Gott in den Arm zu greifen, und so vergingen wohl 25 Jahre, bevor man das rechte Zutrauen zu der Sache hatte und die Blitzableiter allgemeiner anwandte. Lichtenberg spricht schon über diese Thorheit und Nachlässigkeit, indem er sagt: der Mensch könne sich und seine Schöpfungen eben so gut und besser gegen den Blitz als gegen den Regen verwahren, denn ein Blitzableiter koste nicht viel mehr Mühe als ein Regenschirm, und viel weniger Arbeit als ein gutes Dach, und ganze Städte gegen die Belagerung der Donnerwetter, wo nicht gegen ihre gefrorenen (Hagel), doch gewiß gegen ihre glühenden Kugeln zu schützen, würde ein Leichtes sein, wenn nur der Mensch den hundertsten (den tausendsten) Theil

von dem Gelde und der Sorgfalt auf die Befestigung gegen den Blitz verwenden wollte, der auf Befestigung gegen eine Belagerung verwandt wird, die dennoch nur höchstens den Feind selbst, nicht seine weithin gesendete Verwüstung aufhält.

Lichtenberg meint, wenn der Mensch sich nicht im Laufe der nächsten 50 Jahre Mittel verschafft, den Blitz zu lenken und einschlagen zu lassen, wohin er es haben will, so sei er der Kenntnisse nicht würdig, welche ihm der Himmel im Laufe der letzten 30 Jahre hierüber verliehen hat; solche gefährliche Batterie zum Schweigen zu bringen, müssen die Physiker nur nicht den Muth verlieren, sie sind jetzt (1778) schon unter den Kanonen und haben erst einen einzigen Mann verloren (Richmann in Petersburg).

Die Ketzerstange zu Siena.

Einen höchst interessanten Fall, der nicht wenig zur Verbreitung der Blitzableiter beitrug, führt derselbe Gelehrte noch an und meine Leser werden mir gestatten, ihn nachzuerzählen.

Die Stadt Siena im Toscanischen liegt hoch und die öffentlichen Gebäude, besonders die Thürme, hatten immer von den gewaltigen Gewittern jener Gegend zu leiden. Nachdem sich die Gewitterableiter schon vielfältig bewährt, kamen die Kirchenvorsteher auf den Gedanken, einen solchen auch auf die Cathedrale setzen zu lassen, deren Glockenthurm einer der schönsten in ganz Italien, fast alljährlich vom Blitz getroffen worden und deshalb in steter, kostspieliger Reparatur stand.

Es erhoben sich, wie überall gegen das Vernünftige, viele Widersprüche, hier nun gar, unter dem Volke der Verfinsterung, mischte sich die Religion hinein — sowie jetzt die Eisenbahnen des Teufels Werk, so waren es damals die Blitzableiter; allein die Väter der Stadt, welche ihren Geldbeutel angegriffen sahen, setzten ihr Vorhaben durch, der Blitzableiter wurde errichtet und das Volk begnügte sich damit, ihn die Ketzerstange zu nennen.

Indeß war Jedermann auf den Erfolg begierig. Die Jahreszeit der Gewitter rückte heran und es war am 18. April 1777, als ein furchtbares Unwetter mit Sturm und strömendem Regen herauf stieg. Trotz dessen war bald der ganze Platz vor der Kirche dicht mit Neugierigen bedeckt, welche sich beregnen ließen, nur um mit eigenen Augen den Erfolg zu sehen, zu beobachten, wie sich die Ketzerstange verhalten würde.

Auf einmal fuhr der Blitz unter furchtbarem Krachen in Gestalt einer purpurrothen Kugel auf die Ketzerstange zu, lief unter sichtbarem Leuchten

längs der Kette, die den Ableiter mit dem Erdboden verband, hernieder bis in einen Wasserbehälter (Brunnen), worin die Kette endete und der Thurm war unverletzt, ja der Blitz hatte so gar keine Spur seiner Thätigkeit hinterlassen, daß selbst die Spinnweben, welche sich von den Armen, durch welche die Kette lief, nach den Mauern hin gezogen hatten, unversehrt waren.

Die Freude unter der Bevölkerung war unbeschreiblich und von Teufelsblendwerk ꝛc. war keine Rede mehr. Lichtenberg sagt hierzu: „In der That hat auch die Begebenheit in der Geschichte der Naturlehre ihres Gleichen nicht! Ein ungläubiges Volk stellt sich hin und wartet erst, um zu glauben, auf eine Bestätigung vom Himmel und erhält sie in dem Augenblick, da es dieselbe verlangt, eben als wären Zweifel, Appellation und entscheidendes Urtheil in dem engen Bezirk eines Hörsaales gemacht und gegeben worden. In den Jahrbüchern der Stadt Siena wird sich einst folgender Artikel nicht übel ausnehmen: Am 18. April 1777 ward unsere hiesige Cathedralkirche durch eine Ketzerstange vor dem Blitz und seinen fürchterlichen Folgen geschützt."

Verfertigung des Blitzableiters.

Es würde sehr überflüssig sein, wenn wir alle Versuche, die nach und nach zu dem Blitzableiter in seiner einfachsten und besten Gestalt geführt haben, hierher setzen wollten; es genügt das Resultat anzugeben und dieses ist Folgendes: Eine aufrecht stehende Stange ist keineswegs Bedingung zu einem guten Blitzableiter, es genügt ein handbreiter Streifen von gewalztem Eisen oder Blei (am besten von Kupfer), welcher über den ganzen Dachfirst des zu schützenden Hauses und an einer Seite längs des Hauses hinab in die Erde geführt wird. Nach dieser in wenigen Worten gegebenen Beschreibung kann jeder Schlosser oder Kupferschmied den Ableiter machen, jeder Dachdecker ihn auflegen.

In Norddeutschland, von wo durch Reimarus in Hamburg diese einfachste, wohlfeilste und beste Art Blitzableiter ausgegangen ist, nimmt man trotz dessen noch immer 10 bis 12 Fuß hohe, zugespitzte Stangen, welche das Haus überragen und mit Eisenklammern in der Mauer befestigt werden; zur Herniederleitung braucht man gleichfalls breite Eisenstangen. In Süddeutschland, woselbst der viel häufigeren und viel furchtbareren Gewitter wegen die Wetterstangen eine viel allgemeinere Verbreitung haben als bei uns, bedient man sich zwar der hohen Stange gleichfalls, allein

zum Herableiten der Elektricität nicht der Eisenschienen, sondern fingerdicker Seile von Messingdraht, welche jedenfalls wirksamer sind.

Ueber die Angst vor dem Blitz und dem Donner.

Im Uebrigen ist die Gewitterfurcht eine sehr thörichte, wenn sie schon, wenigstens bei zartnervigen Personen, sehr zu entschuldigen ist, da der betäubende Schlag, der einem nahe herniederfahrenden Blitze folgt, auch wohl ganz kräftige Personen erschüttern mag. An der Gewitterfurcht ist großentheils auch die Erziehung schuld. Mit der wunderlichen Idee, Gott nicht als Beherrscher des Weltalls, das Weltall nicht als einen Theil seiner selbst, nicht als in ihm ruhend, sondern ihn als unmittelbar über den Wolken thronend zu betrachten, verschwistert sich der Gedanke, das Gewitter als einen Ausbruch seines Zornes anzusehen (welches Kind hätte bei einem Gewitter nicht von seiner frommen Mutter die Worte: „Horch! der liebe Gott zürnt!" gehört).

Hierzu kommt die unwiderstehliche Macht des Klanges. Selbst die gefühllosesten Menschen werden bei einem „Herr Gott, dich loben wir" durch den Donner der Pauken hingerissen, bis zu Thränen bewegt. Auch der Wilde fürchtet den Knall der Kanonen, ehe er noch die Wirkung ihrer Kugel kennt; es dürfte wohl die Frage aufgeworfen werden, ob es Taubgeborne gäbe, die sich vor Gewittern fürchten, gewiß ist, daß selbst den Hörenden einigermaßen geholfen werden kann, wenn man ihnen die Ohren verstopft, es ist eine allgemein bekannte Thatsache, daß der unwillkürliche Ausruf ängstlicher Personen: Gott schütze uns! Helf' uns Gott! *nicht* nach dem *Blitze*, sondern nach dem *Schlage* kommt; es sollte heißen: Gott *hat uns* beschützt, denn die Gefahr ist vorüber, der Blitz, den man sieht, trifft denjenigen, der ihn gesehen hat, nicht, und der Donner ist vollends ein unschädlicher Schall, er ist die etwas laut gesprochene Ankündigung, daß ein tödtliches Geschoß *vorübergefahren* ist. Kein Mensch, der vom Blitze getroffen (aber nicht getödtet worden) und nachher wieder zur Besinnung gebracht ist, hat den Blitz gesehen, den Donner gehört.

Thöricht aber ist die Gewitterfurcht noch aus hundert anderen Gründen. Daß der Blitz tödten *könne*, ist allerdings wahr, allein dies hat er mit jedem fallenden Dachziegel oder Blumentopf gemein; sollte man sich denn nun fürchten, in einer Stadt zu wohnen, in welcher es Blumentöpfe und Dachziegel giebt? dann dürfte man überhaupt nicht ausgehen, denn man kann von einem Wagen gerädert, von einem bösen Pferde todtgeschlagen, von einem tollen Hunde gebissen werden — dann dürfte man aber

auch nicht zu Hause bleiben, denn die Stubendecke oder das ganze Haus kann einstürzen!

Daß der Blitz Häuser anzündet, ist allerdings auch wahr, aber das hat er mit jedem Talglicht und mit jeder glimmenden Kohle gemein, und die bei weitem wenigsten Feuersbrünste entstehen durch den Blitz. Wäre es möglich, unsere tagtägliche Feuersgefahr durch Donner zu verkünden, es würde gar nicht aufhören zu donnern, wir würden von dem Geräusch taub werden, denn es reichen sich das Holzholen durch die Mägde mit Licht aus dem Keller oder vom Boden, das Tabak- und Cigarrenrauchen der Herren und der Bedienten, das nächtliche Putzordnen der Kammerjungfern, das im Bette-Lesen ihrer Herrschaft u. s. w. in steter Abwechselung unaufhörlich die Hände.

Und nun erst, wie thöricht ist die Gewitterfurcht, wenn man an die Krankheiten denkt! Wir wollen nicht von Epidemien sprechen, nicht von der Cholera, welche in Berlin jährlich (da sie leider bei uns einheimisch geworden ist) 1500 Menschen hinwegrafft, sondern von Nerven-, gastrischen und anderen Fiebern, von Lungenentzündungen, von Ruhren ꝛc.; es sterben in Berlin an diesen verschiedenen Krankheiten durchschnittlich in jeder Woche 250 Menschen, in 1500mal so viel Zeit, d. h. in 30 Jahren, ist in Berlin ein einziger Mensch vom Blitz erschlagen worden! Ist es denn da nicht höchst lächerlich, sich vor dem Tode durch den Blitz zu fürchten, das Verhältniß ist wie 375,000 zu 1.

Wie nun mit einer Belagerung, davon das schrecklichste Beispiel in die neueste Zeit fällt, die Belagerung von Sebastopol, bei welcher täglich hunderte von Menschen des entsetzlichsten Todes durch Verstümmelung starben (in den letzten 17 Tagen dieses furchtbaren Trauerspiels verlor nach Aussage des Fürsten Gortschakoff die russische Armee 30,000 Mann, d. h. täglich beinahe 2000); wie viele Jahrtausende müßten wohl vergehen, bevor an diesem Orte so Viele durch den Blitz erschlagen würden, als die Geschosse der Menschen in einem Tage niedergestreckt haben!

Und wenn man nun vollends weiß, daß der tödtliche Blitz sich durch ein wenig Kupferdraht leiten läßt, wohin man will, was bleibt dann noch Schreckliches übrig, und wer sich nach solchen Betrachtungen noch vor dem Erschlagenwerden durch den Blitz fürchtet, ist ein „tribus Anticyris insanabile caput“ *). Die Ruhr, die Lungenentzündung, das Nervenfieber

*) Ein Witz, welcher der Erklärung bedarf, ist kein Witz, damals aber, als er von — wenn ich nicht irre — Antisthenes gesagt wurde, wußte ein Jeder, daß die Insel Anticyra die beste Nieswurz in Menge hervorbringt und daß Nieswurz als ein Speci-

schlägt durch ein des Nachts offen gelassenes Fenster unendlich öfter ein, als der Blitz, und doch schließt man bei Gewittern das Fenster sorgfältig, während man nach einem erhitzenden Spaziergange wie gewöhnlich und mit wahrer Todesverachtung bei offenen Fenstern schläft.

Das Donnerhaus.

Zu den sehr belehrenden Experimenten über die Blitzleitung und zugleich zu den schönsten und unterhaltendsten gehören die folgenden.

Auf S. 125 haben wir eine Vorrichtung angegeben, um die mechanische Kraft des elektrischen Funkens zu zeigen. Das Instrument läßt sich mit einiger Umänderung zu einem sogenannten Donnerhause brauchen. Statt einer solchen Seite, wie sie dort beschrieben, nimmt man deren viere, macht dieselben aus Pappe statt aus Holz und fügt sie zusammen, so daß sie einen Thurm bilden. Begreiflich kann man dies sehr zierlich oder sehr einfach machen, denn bei der Ausführung des Instrumentes kommt es nur auf die Zweckmäßigkeit, nicht auf die Eleganz an.

Mitten durch den Thurm geht von der Spitze bis nach dem Bodenbrette ein Draht, welcher unten mit einer massiven kleinen Metallkugel, oben mit einer Spitze versehen ist, auf welche man eine Kugel setzen und ebenso leicht abnehmen kann.

Unterhalb dieses Drahtes setzt man eine sehr flache Schale von Blech, welche bestimmt ist den Weingeist aufzunehmen, der durch den elektrischen Schlag entzündet werden soll. Der Knopf des Drahtes darf diese Schale nicht berühren, die Befestigung desselben (eine kleine Oeffnung in ein paar starken Pappscheiben, in welchen der Draht sich nur unter starker Reibung bewegt) muß so eingerichtet sein, daß die Entfernung der unteren Kugel von der Fläche der Blechschale sich nach Bedürfniß reguliren läßt. Die Schale selbst steht auf einem Stück Tabackblei oder Staniol, womit der Boden des Donnerhauses beklebt ist, und dies reicht an irgend einer Stelle bis außerhalb der Wandung desselben, dort schlägt man nun einen Nagel zur Hälfte in das Holz, so daß man eine Metallschnur oder Kette daran anbringen kann.

Dies ist die innere Einrichtung. Die äußere besteht darin, daß man von der Spitze auf dem Gipfel des Thurmes bis zu dem Nagel, der in das Blei des Fußbrettes eingeschlagen ist, einen fingerbreiten Staniolstreifen

---

ficum gegen Wahnsinn angesehen wurde; ein durch drei solche Inseln nicht heilbarer Kopf war also ein sehr verständlicher, wenn auch grober Scherz.

(den Blitzableiter) führt, welcher längs der Thurmwand angeklebt, nur an einer Stelle durchschnitten und nicht befestigt ist, so daß man hier beliebig eine Vereinigung der Staniolstreifen oder eine Trennung bewerkstelligen kann.

Wenn die Pappe, aus welcher der Thurm gebaut ist, von Wolle gefertigt war und man zum äußeren und inneren Anstrich aufgelösten Schellack mit irgend einer Erdfarbe anwendet, so bedarf man zu allen Versuchen mit dem Thurm nur einer mäßigen Elektrisirmaschine, deren Reibezeug mit dem Nagel am untern Ende des Blitzableiters verbunden ist und deren Conductor die nöthige Elektricität hergiebt; sind die gedachten Bedingungen jedoch nicht erfüllt, so sind die Wandungen des Thurmes zu stark ableitend und man muß alsdann eine ziemlich große Verstärkungsflasche anwenden.

Die Experimente sollen beweisen, daß ein Blitzableiter schützt, daß es besser sei, ihn in eine Spitze als in eine Kugel auslaufen zu lassen, indem im ersten Falle die Entladung der Flasche (des Conductors) stillschweigend, unhörbar, im letzteren aber unter Funken und Schall geschieht, jedoch immer unschädlich für das Donnerhaus; endlich, daß ohne einen Blitzableiter der Funke sich einen anderen Weg sucht und zündet, was er leicht Brennbares auf seinem Wege findet. Dies Alles wird auf folgende Art erreicht:

Auf den Draht der Flasche oder auf den Conductor selbst befestigt man eine Spitze, die geeignet ist, einen ziemlich starken Draht von 2 Fuß Länge, in der Mitte mit einer Vertiefung versehen und an beiden Enden mit Kugeln beschwert, zu tragen. Da dieselben nach Art einer Wage mit gleichlangen Armen in der Mitte unterstützt werden, so können sie auf diesem Stützpunkte sich sowohl auf- und abneigen, als auch im Kreise herumdrehen.

Man richtet das Donnerhaus und die schwebenden Kugeln nun so ein, daß, wenn die letzteren sich in einem horizontalen Kreise um den Stift, worauf sie ruhen, drehen, sie etwa einen halben Zoll hoch über dem Knopf auf dem Blitzableiter des Thurmes hinweggehen.

Elektrisirt man nun die Flasche und setzt den Wagebalken mit den Kugeln in eine leise Bewegung, so wird er sich drehen, bis eine der beiden Kugeln gerade über dem Knopf des Thurmes steht, alsdann bricht ein Funke daraus hervor, der auf den Knopf des Thurmes schlägt und dessen Elektricität in dem Ableiter (Staniolstreifen) zu dem Reibezeuge der Elektrisirmaschine oder der äußeren Belegung der Flasche zurückkehrt (das erstere, wenn die beiden Kugeln, welche die Wolken vorstellen, auf dem Conductor, das letztere, wenn sie auf der Flasche stehen).

Wiederholt man den Versuch auch mit der allerstärksten Ladung, welche nicht nur eine Flasche, sondern eine starke Batterie erträgt, mit dem alleinigen Unterschiede, daß man von der Spitze des Thurmes den Knopf abnimmt,

so daß nunmehr die mit dem Ableiter verbundene Drahtspitze, welche die Auffangstange des Ableiters vorstellt, frei ist und frei wirken kann, so wird die stärkste Batterie stillschweigend entladen werden. Der Versuch wird um so ruhiger und vollkommener vor sich gehen, je besser die Verbindung zwischen der Spitze und der äußeren Belegung der Flasche oder Batterie ist (je leichter also ein Entladungsschlag entstehen könnte, der aber durch die Spitze verhindert wird) und je schärfer die auffangende Spitze ist.

Hiermit wäre die Richtigkeit der Theorie von den Blitzableitern auch praktisch erwiesen, die vollkommene Leitung macht den Schlag für das Haus unschädlich, und endet die Leitung nach oben zu in eine Spitze, so findet nicht einmal ein Schlag statt, die Entladung geht gefahr- und geräuschlos vor sich, allein durch den Apparat läßt sich auch die Nothwendigkeit eines Blitzableiters darthun, es zeigt sich durch denselben, wie gefährlich der Mangel eines solchen werden kann.

Man läßt Alles an dem Apparat, sowie es bei den vorhin beschriebenen Versuchen war, mit dem einzigen Unterschiede, daß man den Blitzableiter unterbricht, d. h. daß man die beiden Streifen desselben da, wo sie nicht aufgeleimt sind, um einige Zoll von einander trennt. Nun ist es so gut, als ob kein Blitzableiter vorhanden wäre. Es läßt sich dies auch noch anschaulicher machen, wenn man etwa statt des Staniolstreifens eine Kette von Draht von der Spitze über die ganze Länge des Thurmes herabhängen ließe, welche genau dieselben Dienste thun wird wie der Staniolstreifen, und wenn man zu dem gegenwärtig vorliegenden Experiment diese ableitende Kette ganz abnimmt; nun ist der Thurm wirklich ganz ohne Ableiter, was freilich auch durch das Trennen der Staniolstreifen bezweckt wird, doch den Laien in der Physik nicht so vollständig einleuchtet.

Wenn nun die Flasche, die Batterie, welche die Wolke trägt, geladen wird und man durch Anstoßen der letzteren die Entladung einleitet, so geschieht solche in dem Augenblick, wo die eine Kugel der Wolke dem Thurmknopfe (der Kugel auf der Spitze des Blitzableiters) nahe genug ist, aber nicht außen an dem Thurme herab durch die Kette oder den Staniolstreifen, sondern durch das Innere des Thurmes. Hier aber findet die Elektricität auf der Stelle, an welcher der Leiter unterbrochen ist, d. h. zwischen dem unteren Knopf des Drahtes, welcher durch die Mitte des Thurmes läuft, und dem flachen Blechgefäß, welches darunter auf dem Boden des Thurmes steht, einen brennbaren Stoff, den Spiritus, und dieser wird durch den ersten Funken sofort entzündet.

Es ist allerdings nöthig, daß der Spiritus sehr rein, d. h. möglichst wasserfrei genommen werde, allein man kann sich auch mit etwas schlech-

terem behelfen, wenn man ihn erwärmt, falls man nur das Experiment macht, so lange die Temperatur noch etwa 30—36 über 0° ist. Manche gießen Aether zu dem Weingeist, um ihn leichter entzündlich zu machen, die Verdampfung wird jedoch dadurch so stark, daß eine Erkaltung der Spiritusmasse eintritt, welche mehr verschlimmert, als die Flüchtigkeit des Aethers gut macht.

Das Experiment, an sich sehr unterhaltend, kann noch auf mancherlei Weise abgeändert, ausgeschmückt werden; so z. B. wenn man die Fenster des Thurmes mit gemalten Glasscheiben versetzt, oder wenn man eine elektrische Pistole mit in den Kreis des Entladungsschlages bringt, da dann der Pfropfen der Pistole die leicht zusammengesetzten (nur an einander gelehnten) Wände des Thurmes auseinander schlägt, der Blitz also das Haus zertrümmert und dessen Trümmer in Flammen setzt. Es ist dies allerdings eine bloße Spielerei, allein es ist das Angenehme mit dem Nützlichen verknüpft und das Experiment ist so unterhaltend als belehrend.

Der Verfasser hält es für zweckgemäß und der besseren Verständlichkeit wegen für nothwendig, die Lehre von der Elektricität hier abzubrechen und die vom Magnetismus folgen zu lassen. Nachdem diese, soweit sie isolirt dasteht, abgehandelt ist, wird die Lehre von der Elektricität wieder aufgenommen und fortgeführt werden.

Der Magnetismus.

Charakteristik.

Unter den Naturkräften die geheimnißvollste, die sich am meisten verbergende, ist der Magnetismus. In dem offenbarsten Gegensatz zu der ihm bei alledem am nächsten verwandten Naturkraft, der Elektricität, welche sich lebendig und thätig allen Sinnen offenbart, steht der Magnetismus, der sich gewissermaßen schweigsam verbirgt, sich keinem unserer Sinne zeigt. Man sieht, hört, fühlt, man riecht und schmeckt ihn nicht, während dieses alles mit der Elektricität geschieht, mit der er doch, wie Ampère meint, nicht nur verwandt, sondern sogar identisch ist, denn es läßt sich, wie wir später sehen werden, der mächtigste Magnetismus durch Elektricität und es lassen sich die heftigsten und rascheften elektrischen Schläge durch Magnetismus erzeugen und dennoch, obwohl der Magnetismus ebenso mächtig auftritt, als er über die ganze Erde verbreitet ist, und in allen Wärme-, Licht- und elektrischen Erscheinungen theils eine mächtige, erregende Funktion übernimmt, theils selbst dadurch erregt wird, hat er sich der Beobachtung doch drittehalbtausend Jahre entzogen, denn schon zur Zeit des Thales von Milet (600 Jahre vor Christi Geburt) hat man den Magnetismus gekannt, und bis zum Jahre 1832 hat es gedauert, ehe man die Eigenschaften desselben und ihre Verbindung mit anderen Naturkräften entdeckte, theilweise durch Zufall, wie Oersted, theilweise durch emsiges, consequentes, auf Analogie gestütztes Forschen, wie Faraday sich dessen rühmen kann.

Historisches über den Magnetismus.

Der Anfang des Wissens vom Magnetismus bestand in der Wahrnehmung, daß ein Eisenerz, in Kleinasien gefunden, Nägel und andere Gegenstände von Eisen anzog, und daß diese wieder kleine Eisenstücke anzogen.

Die Erzählung, daß ein Schäfer, **Magnes** mit Namen, auf einem Berge in Lydien die Schafe hütend, mit seinen nägelbeschlagenen Schuhen an einem Eisensteinfelsen hängen geblieben, erkennt wohl ein Jeder als Fabel. Erstens trugen 1000 Jahre vor unserer Zeitrechnung die Schäfer keine Schuhe, sondern umwickelten ihre Füße mit Stücken einer Thierhaut, welches der prosaische Begriff des poetischen Ausdrucks „Sandalen" ist; zweitens beschlug man die Sandalen nicht mit Nägeln; endlich und hauptsächlich giebt es keinen Magnetfelsen, dessen Kraft so groß wäre, daß er an kleinen Eisenstiften einen Menschen festhalten könnte, selbst wenn dies durch ein großes Stück Eisen, das er anzieht, möglich sein sollte.

Zur Zeit des **Thales** wußte man nur das oben gedachte, und daß, wenn ein eiserner Ring an einen Magnetstein gebracht wurde, dieser daran haftete, und an diesem ein zweiter hängen blieb, an diesem wieder ein dritter, so daß es eine lange Kette von Ringen gab, ferner daß Stückchen Eisen in einem Kessel von Erz, unter welchem man einen Magnetstein hin- und herführte, sich bewegten, oder wie die Alten sagten, tanzten und sprangen, sie wußten nicht einmal, daß diese Kraft nur an zwei einander gegenüber liegenden Stellen des Steines vorzugsweise hervortrete, sie wußten nichts von seiner Polarität, sie kannten nicht seine Richtungskraft, obwohl dieselbe damals schon viele Jahrhunderte lang (nicht nur den gebildeten Griechen, sondern den für stumpfsinnig gehaltenen Chinesen) bekannt war. Wozu es geführt hätte, wenn nicht ein so in sich selbst vergnügtes, ruhiges Volk wie das chinesische, sondern ein handeltreibendes, colonisirendes wie das phönizische, carthagische, oder ein eroberndes wie das römische, die Richtungskraft des Magneten gekannt hätte, das ist in wenigen Worten nicht auszudrücken — man hätte zu Perikles oder Hannibals Zeiten Amerika entdeckt — welch eine Umgestaltung der Weltverhältnisse liegt allein in diesem einen Gedanken verborgen.

Man **kannte** das nicht und **suchte** das nicht, man gab sich zufrieden mit dem, was man zufällig erfuhr, und man erfand und hörte geduldig die unsinnigsten Fabeln an, wie die vom Magnetberge, der irgendwo im Stillen Meere sein und die Schiffe vermöge ihres Eisengehaltes an sich ziehen sollte, bis dieses Eisen aus allen Fugen gerissen, die Schiffe verließ und sie auf offenem Meere aus einander fielen oder bis sie, dem rasenden Zuge folgend, an dem Felsen zerschellten; ferner wie die von der Aufregung oder Besänftigung großer Leidenschaften, von dem Vernichten der magnetischen Kraft durch Berührung mit einem Diamant oder durch Bestreichen mit Knoblauchssaft, eines so albern wie das andere.

Erste schriftliche Nachrichten.

Erst der englische Arzt Gilbert brachte in einem zu London im Jahre 1600 erschienenen Werke „Neue Physiologie des Magneten" (lateinisch) die bis dahin bekannten Erscheinungen in eine einigermaßen geordnete Reihe, allein wer die Richtungskraft des Magnetsteines und wer die Magnetnadel ge- und erfunden hat, weiß er eben so wenig als wir, und es wird diese Lücke durch die Notiz einer alten irländischen Chronik aus dem Jahre 800, in welcher von dem „Leidarsteine", nach dem die Schiffer sich richten, so wenig ausgefüllt, wie durch die Stelle aus dem Roman von der Rose (welchen der Verfasser, Guyot de Provins, im Jahre 1181 am Hoflager Friedrich I. zu Mainz vorlas), worin es heißt, daß die Schiffer durch einen schwarzen, unscheinbaren Stein, an welchen sich gern Eisen hängt und der „la Marinette" genannt wird, sich nach dem Sterne richtet, der sich nicht bewegt (Polarstern), steuern, eine Kunst, die nicht trügen kann. Man erfährt aus dieser Stelle nur, daß der Magnetstein endlich benutzt worden ist, um den Schiffern auf dem Meere die Richtung, in welcher sie zu fahren haben, anzudeuten, nicht von wem dies entdeckt ist, noch weniger, wenn man zur Darstellung künstlicher Magnete übergegangen ist. Selbst das, was man von Flavio Gioja (oder Fl. di Chioja) sagt, daß er der Erfinder des Seecompasses sei, entbehrt aller wirklichen Begründung; wahrscheinlich nur, nicht gewiß ist, daß dieser berühmte Seefahrer, der am Anfange des vierzehnten Jahrhunderts lebte, den Compas (d. h. ein magnetisirtes Stahlstäbchen, auf einem Kork befestigt, im Wasser schwimmend) in seiner rohesten Gestalt von den Arabern aus dem rothen oder aus dem arabischen Meere (zwischen Afrika und Asien) mitgebracht habe, woselbst er wohl früher im Gebrauch gewesen, da die indischen Malayen, mit den Chinesen in vielfältigem Verkehr, ihn von diesen entlehnt haben können. Diesen aber, den Chinesen, war die magnetische Richtungskraft schon tausend und mehr Jahre vor unserer Zeitrechnung bekannt, zu der dunklen Epoche des Kodros und der Rückkehr der Herakliden nach dem Peloponnes, hatten die Chinesen schon magnetische Wagen, auf denen der bewegliche Arm einer Menschengestalt unausgesetzt nach Süden wies, um sicher den Landweg durch die unermeßlichen Grasebenen der Tartarei zu finden, ja in dem dritten Jahrhundert nach unserer Zeitrechnung, also wenigstens 700 Jahre vor der Einführung des Schiffscompasses in den europäischen Meeren, segelten schon chinesische Fahrzeuge in dem indischen Ocean nach magnetischer Südweisung.

Nach Klaproth's geistreichen Untersuchungen stellt sich heraus, daß

dieses uns wunderlich scheinende Verfahren ein ganz natürliches ist, für die Chinesen, deren Land im Norden ihres benachbarten Meeres liegt und welche ihr Handel immerfort nach Süden oder Südwest führte. Darum heißt dem Chinesen der Compas ganz naturgemäß „die Nadel, die nach Süden zeigt“ (Tschinantschin). Im Uebrigen zeigt keine Magnetnadel nach Norden oder nach Süden, sondern sie zeigen alle von Norden nach Süden, wie jede gerade Linie immer nach zwei einander genau gegenüber liegenden Weltgegenden zeigen muß, und da jeder Pol eine gleiche Berechtigung hat, den Namen herzugeben, so ist nur zu verwundern, daß man sich darüber wundert.

Viel älter aber als vorhin angedeutet, ist die Bekanntschaft der Chinesen mit der Magnetnadel. Die Richtungskraft derselben war in China wenigstens 1100 Jahre vor Christi Geburt bekannt. Ein Geschichtsschreiber dieses wunderbaren Volkes, Namens Schumatsian, welcher 180 Jahre vor Christo ein bekanntes Werk „Geschichtliche Denkwürdigkeiten“ verfaßte, erzählt unter Anderem, daß von Tonkin und Kochinchina Gesandte an den Kaiser Tsching-Wang gekommen waren, welche sich vor der Rückreise sehr besorgt gezeigt, daß sie den weiten Weg verfehlen würden. Dies ist gerade 920 Jahre vor der Abfassung jener Denkwürdigkeiten, also 1100 Jahre vor unserer Zeitrechnung geschehen.

Der Kaiser schenkte diesen Gesandten, um sie zu beruhigen, fünf Tschinan-kin, d. h. magnetische Wagen, welche mittelst des beweglichen Armes einer kleinen, mit Federn bekleideten Figur nach Süden wiesen. Geleitet durch diese magnetische Weisung, kamen die Gesandten auch wohlbehalten zurück nach ihrem Vaterlande. Diese Wagen waren übrigens damals nicht eine neue Erfindung, sie waren etwas so Bekanntes als Gebräuchliches. Späterhin verbesserte man dieselben dadurch, daß man einen Wegemesser zu dem Wegweiser setzte, mit dem einen Rade war ein Mechanismus verbunden, durch welchen eine kleine Figur nach jeder zurückgelegten chinesischen Meile (Li) auf eine Glocke oder eine kleine Pauke schlug.

In dem berühmten Wörterbuche Schue-wen, welches der Verfasser Hiutschin unter der Dynastie Han, im Jahre 121 vor Christi Geburt beendete, wird genau beschrieben, auf welche Weise eine Stahlnadel vermittelst eines Magnets die Eigenschaft erhält, nach Süden zu weisen. Aufgehängt wurden die Nadeln nicht, wie bei uns, vermöge der Durchbohrung des Stahlstäbchens und eines in die Oeffnung gesetzten vertieften Hütchens, sondern dadurch, daß man sie in einen hohlen Körper von verschiedener Form steckte und auf Wasser schwimmen ließ, daher der magnetische Fisch der Indier, die magnetische Eidechse der Birmanen und die Calamita (der grüne Frosch)

der Franzosen, in welcher Form die Magnetnadel zur Zeit des heiligen Ludwig im Gebrauch war.

Die alten Magnetnadeln, welche man in Europa hatte, zeigen auch noch in ihrer sonstigen Construction (abgesehen von der Beziehung ihrer Richtung), daß sie nicht aus China stammen. Die Chinesen machten sehr vernünftig ihre Nadeln aus einem Stücke, wie wir natürlich jetzt auch thun, im Mittelalter aber, noch lange nach dem Schlusse desselben, der Reformation, bestand die Magnetnadel aus zwei Stücken, nämlich aus Stahldrähten von der geforderten Länge, welche neben einander lagen; damit sie aber das Hütchen, worauf sie balanciren sollten, zwischen sich aufnehmen und doch jederseits in eine Spitze auslaufen konnten, waren diese Drähte in der Mitte etwas gebogen, sie bildeten jeder einen sehr stumpfen Winkel; lagen sie, wie es sich gehört, zusammen, so bildeten beide eine lang verschobene Raute und hatten also den Umriß unserer jetzigen Magnetnadeln, aber sie hatten keinen Körper. Jeder kann sich leicht ein anschauliches Bild davon machen, wenn er zwei gleich große Haarnadeln so weit auseinander biegt, daß sie, mit den Spitzen zusammengelegt, eine Doppellanzette bilden, welche in der Mitte etwa so breit ist, daß ein Kirschkern darin haften würde.

So zusammengesetzte Doppelnadeln, mit ihren feindlichen Polen an einander gelegt, in ihrer Mitte durch das Hütchen, auf welchem die Nadel balanciren soll, vereinigt, bildeten den alten Compas, eine so unzweckmäßige Art der Construktion, daß die sehr praktischen Chinesen sie in ihrer — wie wir hochmüthig zu sagen pflegen — Dummheit doch niemals angewendet haben, und es überhaupt schwer ist zu begreifen, wie Jemand darauf kommen konnte; unmöglich kann die Schwierigkeit der Durchbohrung das Hinderniß gewesen sein, denn man hat im Mittelalter Handwerkszeug gehabt, um die härtesten Edelsteine zu bearbeiten, wie sollte man nicht mit einem Stückchen Stahlfeder fertig geworden sein.

Natürliche Magnete.

Der Magnetstein, ein Eisenerz, welcher sich in Schweden, auf Elba, in Kleinasien und in Indien vorfindet, ist eine Mischung von Eisenoxyd und Eisenoxydul, hat unter allen Erzen (so weit wir sie kennen) allein die ihm ursprünglich angehörige Eigenschaft, kleine Stückchen Eisen anzuziehen. Bestreut man solch einen Stein mit Eisenfeilspänen, so haften zwar überall einige wenige (besonders an vorspringenden Ecken) an ihm, aber vorzugsweise ist dies der Fall an zwei sich gegenüber liegenden Enden des Steines, welche man die Pole nennt.

Wenn man einen solchen Stein an einem Bindfaden befestigt und frei schwebend aufhängt, so richtet er sich immer dergestalt, daß eins dieser Enden, an denen sich die Feilspäne häuften, nach Norden und das andere nach Süden zeigt. Bezeichnet man das nach Norden gekehrte auf irgend eine Weise und lenkt man es dann aus dieser angenommenen Richtung, so kommt es nach einigen Schwingungen immer wieder auf dieselbe Stelle zurück und man ist nicht im Stande, es dahin zu bringen, daß es unbefestigt in der verkehrten Richtung (das Nordende nach Süden) stehen bleibt.

Nähert man das Nordende eines schwebenden, beweglichen Magnetsteines einem anderen mit derjenigen Seite, die frei aufgehängt gleichfalls nach Norden zeigt, so stößt er den freischwebenden zurück, nähert man diesem Ende dagegen dasjenige des andern Steines, welches nach Süden wies, so wird das Nordende davon angezogen.

Diese beiden Erscheinungen, die Richtung und die vorher zu bestimmende Art der Anziehung oder Abstoßung, nennt man Polarität, und denjenigen Theil des Steines, der sich nach Norden wendet, nennt man den Nordpol, den andern den Südpol.

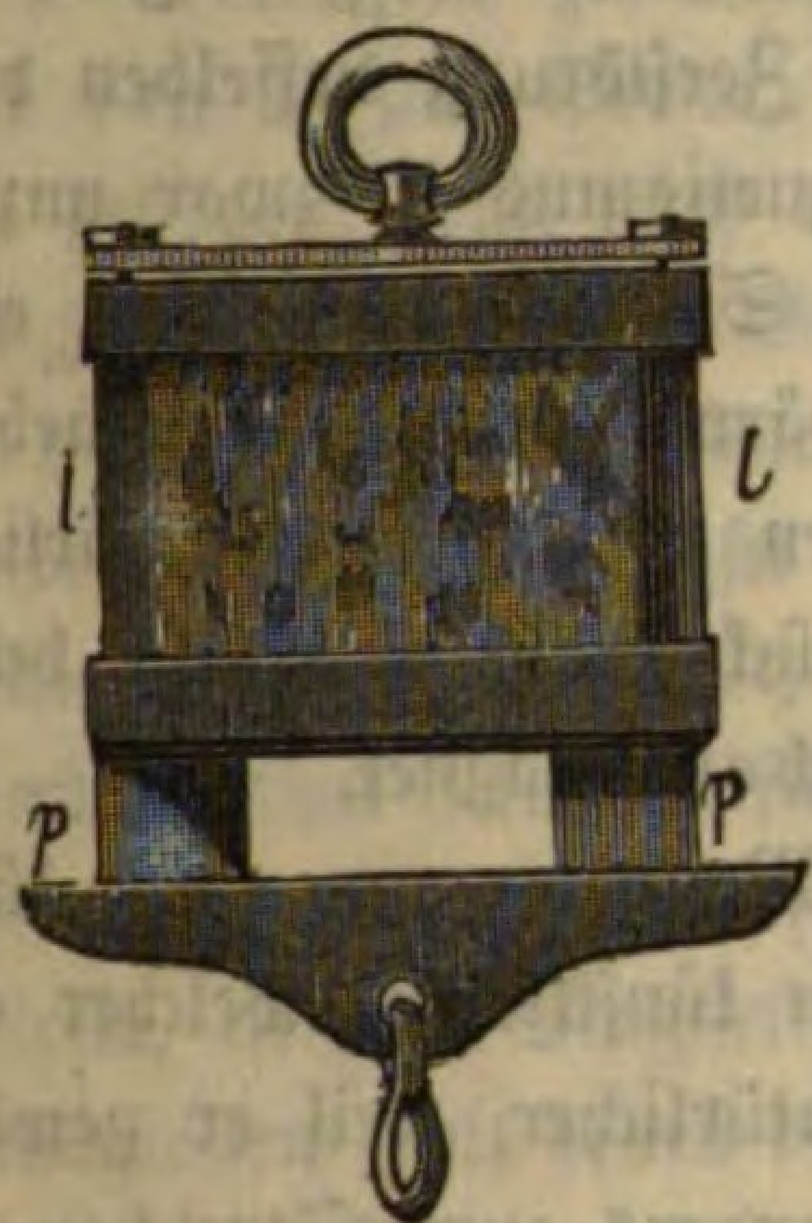
Armirung des natürlichen Magnets.

Wenn man von den beiden Seiten des Steines, an denen die meisten Eisentheile haften, Stücke absägt oder schlägt und diese Seiten dann parallel mit einander gerade abschleifen läßt, so kann man die ganze magnetische Kraft, welche sich auf dieser Fläche zertheilt befindet, in einen kleinen Raum vereinen; es geschieht dies durch die Armatur des Magneten.

Eben so groß wie die beiden Flächen, läßt man sich zwei Stücke Eisen *lp* und *lp* schmieden, welche auf einer Seite noch überdies einen Ansatz *p* haben, mit welchem sie nicht die flache Seite berühren, sondern unter den Stein nach Innen herunter greifen. Die Seitenblätter müssen da, wo sie den Magnetstein berühren sollen, recht gerade und eben gefeilt und geschliffen werden, so daß eine innige Vereinigung an möglichst vielen Punkten stattfindet.

Man befestigt die Blätter (die Panzer) durch Bindfaden oder durch ein paar Metallstreifen, wie Fig. 66 zeigt, durch Draht (nur nicht durch Eisen) an dem Magnetstein, so daß die Vorsprünge an den Blättern (die Schuhe) nach Innen zu stehen kommen und dadurch die Entfernung zwischen den Polen geringer wird. Diese Schuhe müssen sehr sorgfältig, am besten halb cylinderförmig gearbeitet, und besonders auf den Stellen, die von dem Magnete hinweg sehen, sehr eben geschliffen sein, ebenso müssen auch beide Flächen in einer so geraden Linie liegen, daß ein daran gelegtes gutes Lineal sie beide ihrer ganzen Länge nach berührt.

Fig. 66.



Ein solches Lineal soll auch daran gelegt bleiben, es muß von Eisen und je nach der Größe des Magnets verhältnißmäßig stark und schwer sein, muß oben, wo es mit den Sohlen der Schuhe des Magnets in Berührung kommt, ganz gerade sein und bei einer Dicke von ½ Zoll bis 2 und 3 Zoll, am entgegengesetzten Ende von dieser Fläche, also unten, ein Loch für einen beweglichen Haken haben. Dies Stück Eisen heißt der Anker. Er wird, auf die gedachte Art an die Schuhe der Panzer gelegt, von dem Magnet nicht nur getragen, sondern gestattet auch noch, daß man mehr oder minder schwere Gewichte daran hänge. Es soll natürliche Magnete gegeben haben, welche einen Centner trugen. Daß Professor Hermbstädt einen solchen hatte, der doch einen halben Centner trug, ist faktisch.

Der Fig. 66 angegebene Anker, so gestaltet, wie ihn die Mechaniker gewöhnlich machen, hat einen großen Fehler, er ist um ein volles Fünftheil zu lang, er steht auf beiden Seiten bei *p* und *p* beinahe um die Breite des Schuhes, jedenfalls um mehr als die halbe Breite hervor. Der Anker soll gerade an den Punkten, wo er die Pole des Magnets berührt, die entgegengesetzte Polarität erhalten, dies wird gestört, wenn nicht für ihn wie für den Magnet selbst die Möglichkeit da ist, diese Pole an seine Enden zu legen; darum muß man die Anker immer nur so groß machen, daß sie mit der Breite des Magnets geradlinig abschneiden, in welchem Falle alsdann das geforderte stattfindet.

Künstliche Magnete.

Das Wort natürliche Magnete führt auf den Gegensatz künstliche Magnete. Es giebt deren und es ist leicht sie zu machen, sie sind überdies viel stärker als die natürlichen.

Wenn man an einem Schuh eines natürlichen Magnets, von dem der Anker abgenommen ist, ein Stück Eisen, einen Schlüssel oder dergleichen, bringt, so wird dasselbe davon angezogen und es wird selbst magnetisch für die Dauer der Berührung, so daß man an das Ende dieses Stückes Eisen noch ein zweites und daran ein drittes, auch wohl noch mehr, hängen kann. Sowie man das oberste aber vom Magnet entfernt, verliert es augenblicklich seine Kraft und die von ihm getragenen kleineren Stücke fallen ab.

Nimmt man statt eines Stückes Eisen ein Stück-Stahl, so behält dieses den durch die Berührung erhaltenen Magnetismus längere Zeit, und war es gehärtet, für immer bis zur absichtlichen Zerstörung desselben durch Ausglühen. Der von Stahl angenommene Magnetismus ist zwar unzweifelhaft vorhanden, allein er ist nur schwach. Streicht man über einen Stahlstreifen, der gehärtet und federhart angewärmt worden ist, mehrere Male hinweg, immer mit einem und demselben Schuh des natürlichen Magneten, so erhält man in dem gestrichenen Stück Stahl eine sehr bedeutende magnetische Kraft und das ist ein künstlicher Magnet.

Es bedarf aber nicht eines natürlichen Magnets, um einen künstlichen zu machen, man kann dies auch mit einem künstlichen, welcher eben so gut und oft noch besser magnetisirt als ein natürlicher, weil er gewöhnlich stärker ist; dazu hat man Magnete, die besonders zum Streichen eingerichtet sind, und endlich sind natürliche Magnete von besonderer Größe und Stärke sehr selten, sind Cabinetsstücke geworden, fast gar nicht käuflich, und da sie einen nur eingebildeten Werth haben, so werden selbst aus den herrlichen schwedischen Gruben keine mehr zu diesem Zwecke gefördert. Dort findet man ganze, bis jetzt in ihrer Masse noch gänzlich unergründete Gebirge von Magneteisenstein von solcher Ausdehnung, daß man eine unerhörte Wirkung derselben voraussetzen müßte, allein merkwürdiger Weise findet eine solche gar nicht statt und der Magneteisenstein zeigt sich erst magnetisch, wenn er von der Gebirgsmasse getrennt ist. Innerhalb dieser Eisenbergwerke kann man die Vermessungen mit der Boussole vornehmen (mit den dazu eingerichteten Markscheide-Instrumenten), gerade so gut, wie fern von diesen Gebirgen über der Erde.

Alles in der Folge noch zu Entwickelnde gilt zwar, soweit etwa die Gestalt es zuläßt, auch an natürlichen Magneten, doch haben wir immer vorzugsweise künstliche Magnete im Sinne und wollen daher zuerst deren Verfertigung angeben.

Bei künstlichen Magneten kann niemals von Eisen (außer zu Ankern), sondern muß immer von Stahl die Rede sein, und zwar ist es gar nicht gleichgültig, was für Stahl man anwendet. Der Verfasser hat mehrmals ganze Reihen von Versuchen über die verschiedenen Stahlsorten, inwiefern dieselben sich zu Magneten eignen, angestellt, und hat doch nur zwei Sorten gefunden, welche sich vorzugsweise eignen und von diesen ist im Laufe der Jahre die eine sogar ausgestorben, wenn man so sagen darf: dies ist die vor dreißig Jahren überall unter dem Namen Steirischer Stahl bekannte und nicht hoch im Preise stehende Art, welche keine besonderen Vorzüge hatte, zu schneidenden Instrumenten gar nicht gebraucht wurde, höchstens

etwa zu Aexten, Beilen und dergleichen, welche jedoch einmal durchgeschmiedet, sich so vortrefflich zu Magneten eignete, wie keine andere Gattung. Ein Stab von 1 Zoll Breite, ¼ Zoll Dicke und 2 Fuß Länge, zu einem Hufeisen gebogen, trug nach dem zweckmäßigen Streichen mit nicht übermäßig kräftigen Apparaten ein Gewicht von 27½ Pfund. Dieser Stahl wird jetzt gar nicht mehr fabricirt. Nachdem man in der an Erzen so reichen Steiermark das wichtigste Förderungsmittel, die Wälder, auf eine unverantwortliche Weise verwüstet, muß man zu Torf, Braun- und Steinkohlen als Brennmaterial seine Zuflucht nehmen und dieses liefert nicht so gute Resultate wie die Holzkohle. Eine Sorte Stahl, neuerdings in Steiermark fabricirt, ist zum Magnetisiren ganz unbrauchbar, ein Magnet von den obigen Dimensionen (mit denen der Verfasser alle seine Versuche angestellt hat), mit größter Sorgfalt und den kräftigsten Mitteln behandelt, trug nicht einmal einen ¼ Pfund schweren Anker.

In neuerer Zeit wird im Norden Deutschlands eine Stahlgattung verkauft, welche den Namen „Holländischer Brillenstahl" führt, diese halte ich gegenwärtig für die beste Gattung; ein Magnet von der gedachten Größe trägt 16 Pfund. Nächstdem kommt der Solinger Klingenstahl. Der englische Gußstahl ist zu Magneten gar nicht zu brauchen.

Wenn der Stahl nicht sehr roh und undurchgearbeitet ist, so thut man recht, ihn nicht schmieden zu lassen, sondern ihn in solchen Dimensionen auszusuchen, wie man ihn braucht, damit er nicht unnöthiger Weise verschiedene Male geglüht werden muß, wodurch ein Theil seines Kohlengehaltes verbrannt wird und er an seiner Kraft verliert. Stahl unterscheidet sich vom Schmiedeeisen vorzugsweise dadurch, daß er Kohlenstoff enthält (Gußeisen noch mehr) und dieser in einem gewissen Verhältniß dem Eisen beigemischt, macht dasselbe zur Annahme des Magnetismus geeignet, das Verhältniß wird aber durch öfteres Glühen geändert und man kann dadurch den besten Stahl verderben (verbrennen).

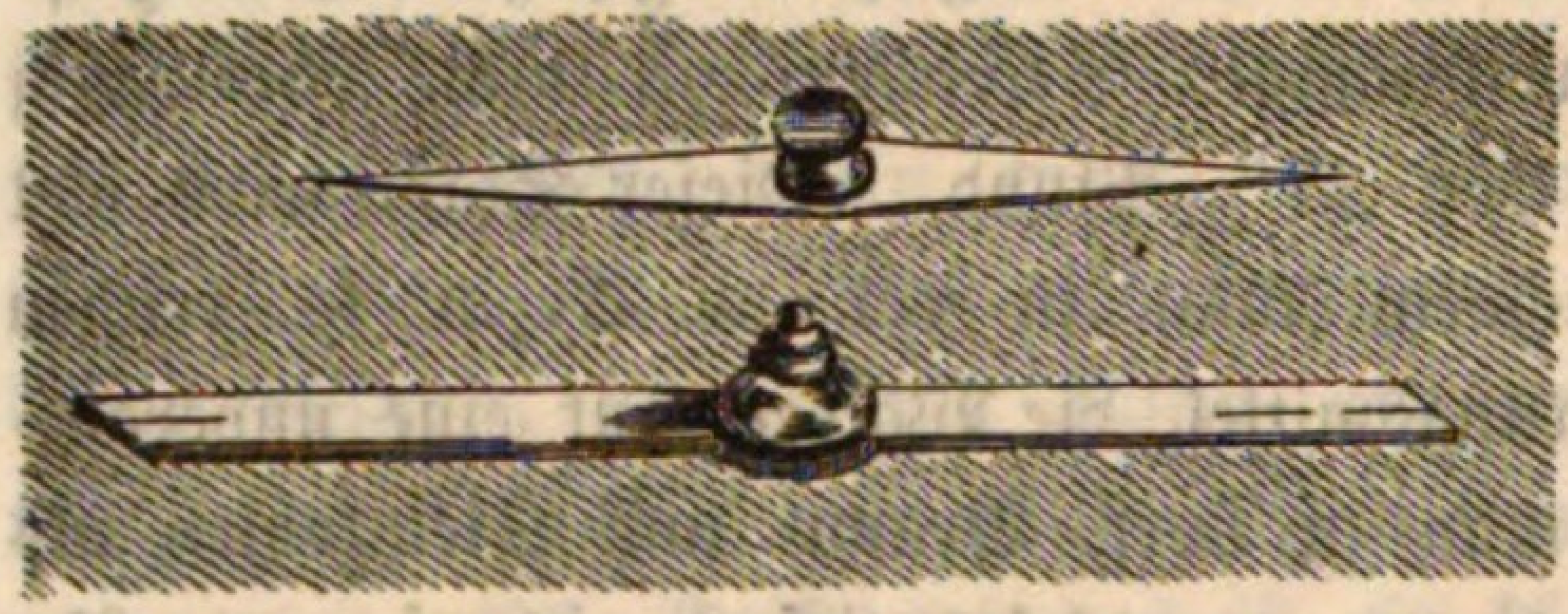
Magnetnadeln.

Die künstlichen Magnete kann man nach ihrer Form theilen in Nadeln, Stäbe und Hufeisen, die beiden letzteren mehrfach von gleicher Größe zusammengelegt heißen Magazine.

Eine Nadel muß von dünnem Stahlblech (am besten aus einer starken Uhrfeder) gemacht sein. Man kann sie allerdings auch schmieden, feilen, härten, alsdann richten, poliren, blau anlassen 2c., allein man bekommt selten ein so gleichmäßiges und schönes Material, wie eine Uhrfeder giebt. Die Form der Nadel wird sehr verschieden gewählt, je nach dem Zwecke und

den Ansichten des Besitzers, die hauptsächlichsten sind in Fig. 67 angegeben. Die obere ist die gewöhnliche, von beiden Seiten spitz zulaufend, sie muß,

Fig. 67.



wie alle Nadeln, ganz symmetrisch sein, von der Mitte nach dem einen Ende gerade so lang als nach dem anderen. Ferner muß auch nach beiden Seiten hin das Loch genau in der Mitte gebohrt sein; dasselbe gilt für die zweite, welche Form man in einigen Meßinstrumenten findet, da man dann die Richtung nicht nach einer Ecke, sondern nach den feinen Strichen in der Mitte der Nadel nimmt. Die Buchstaben *n* und *s* bezeichnen gewöhnlich die Pole Nord und Süd. Dies wird auch dadurch angedeutet, daß man die ganze Nadel federblau anlaufen läßt und mittelst sehr schwach angesäuerten Wassers diese blaue Farbe von der einen Hälfte wegwischt, wobei, wenn man sorgfältig zu Werke geht, die Politur nicht im mindesten leidet.

Zu größeren, sehr genauen Instrumenten wählt man die Form eines vierkantigen Stabes (Lineal von mehr als gewöhnlicher Dicke), dieses wird auch nicht durchbohrt, sondern hängt an einem seidenen, umgedrehten Faden, welchen man um die Mitte desselben schlingt.

Die Oeffnungen in den Nadeln dienen dazu, um ein Stückchen Stahl, welches kegelförmig vertieft ist, als Hütchen einzusetzen; zweckmäßiger ist es, wenn man das Hütchen von Messing macht, cylindrisch ganz durchbohrt und oben ein kleines Carneol- oder Achatplättchen, welches kegelförmig eingeschliffen ist, darauf setzt. Auf einer fein zugespitzten Nadel bringt man die Magnetnadel so zum Schweben, daß sie mit ihrer Bohrung und den Hütchen etwa eine Linie tiefer steht als die Spitze der senkrechten Nadel, und auf dieser Spitze selbst die kegelförmige Vertiefung des Achat- oder Stahlhütchens ruht.

Viele Instrumente können wegen ihrer inneren Einrichtung nicht anders gemacht werden, als daß die dazu gehörige Magnetnadel auf einem Stifte schwebt, wenn man es jedoch machen kann, so ist es immer besser, sie aufzuhängen. Solche Nadeln heißen Declinationsnadeln.

Zu besonderen Zwecken braucht man noch eine Nadel, welche Axen hat. Diese wird gleichfalls wie ein Lineal gestaltet, ist gewöhnlich acht bis neun Zoll lang, in der Mitte ihrer breiten Seite durchbohrt und hat hier einen quer hindurch gehenden Stift von gehärtetem, polirtem Stahl, die Axe; solche Nadel heißt eine Inclinationsnadel. Sie ist sehr schwer zu machen und fordert die ganze Geschicklichkeit eines tüchtigen Mechanikers;

so lange sie nicht magnetisirt ist, muß sie auf ihren Achsen und auf schmalen, glatten Unterlagen ruhend, in jeder Lage, die man ihr giebt, ohne Schwankung bleiben, und wenn man sie anstößt, so muß sie sich ein oder ein paar Mal umdrehen, dann immer langsamer laufen und endlich stille stehen, niemals auch nur um einen Zoll zurückgehen.

Magnetstäbe und Hufeisen.

Ein Magnetstab kann von sehr verschiedener Größe, immer aber — er möge 4 Fuß lang, 3 Zoll breit und einen Zoll dick sein oder ähnliche Maaße in Zollen und Linien haben — muß er überall gleich dick und gleich breit sein, darf nicht an einem Ende schwächer werden, seine Seiten müssen parallel sein.

Ein Hufeisen wird aus einem Stabe (wie vorhergehend beschrieben) dadurch gemacht, daß man diesen Stab in seiner Mitte glühend macht und denselben unter dem Hammer biegt, bis er ungefähr die Hufeisenform hat, wobei die Biegung in der Mitte um etwas weiter im Lichten gehalten zu werden pflegt, als die Entfernung der beiden Enden von einander ist. Beim Schmieden wirkt der Hammer besonders auf die innere Biegung, damit dieselbe das, was sie durch die Verkürzung bei der Krümmung zu viel an Stahl erhält, abgebe an die äußere Biegung, die sonst zu dünn werden würde.

Fig. 68.



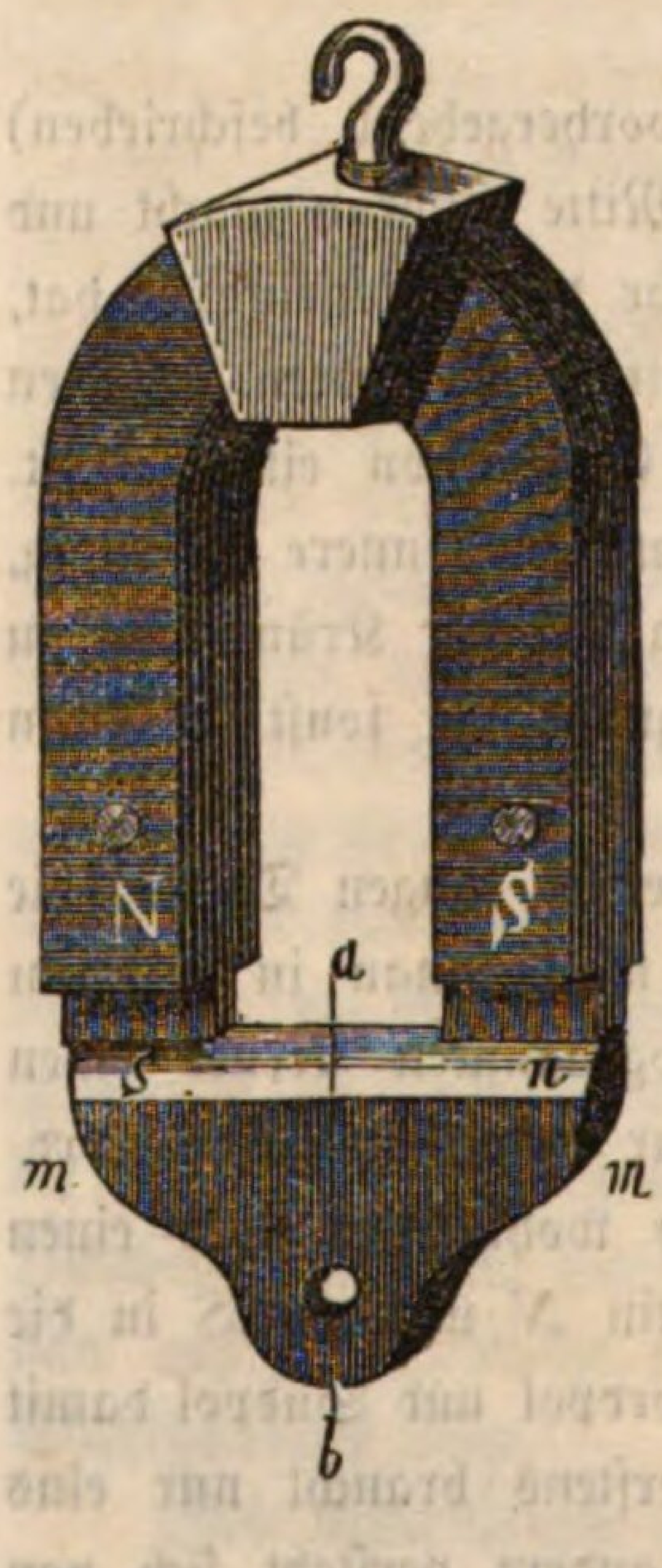
Auf einem der beiden langen Theile, die man Schenkel nennt, macht man in weichem Zustande mit einem sogenannten Kerner einen Punkt. Dies genügt zur Bezeichnung des Nordpols. Man feilt auch wohl quer über einen Strich, oder gravirt ein *N* und ein *S* in die beiden Schenkel, um Nordpol und Südpol damit zu bezeichnen, allein erstens braucht nur eins die Bezeichnung, das andere versteht sich von selbst, dann aber unterbricht der tiefe Feilstrich oder der eingestochene Buchstabe den Zusammenhang der Oberfläche; gerade darauf kommt es an, daß dieser Zusammenhang erhalten werde, denn die Oberfläche ist es vorzugsweise, die beim Streichen den Magnetismus annimmt.

Figur 68, welche diesem Artikel beigefügt ist, zeigt die oben angedeutete Form und bildet zugleich das, was man ein „hufeisenförmiges Magazin" nennt, d. h. eine Vereinigung von 3, 5 oder mehr ganz gleichförmig

geschmiedeten und sorgfältig zusammengepaßten Hufeisen-Magneten, welche gemeinsam und gleichzeitig wirken sollen. Um ihr Zusammenhalten zu bewerkstelligen, pflegt man sie an drei Punkten, so lange sie noch weich sind, zu durchbohren und mit Schrauben zu versehen; dies ist jedoch nicht zweckmäßig aus dem bereits angeführten Grunde: es wird der Zusammenhang des Stahles an den Bohrstellen unterbrochen; um dies zu vermeiden, wendet man lieber messingene Klammern an, wie diejenige, welche an der oberen Biegung des Hufeisens zu sehen ist.

Die hier gewählte Form ist eine sehr gebräuchliche, doch ist man in neuerer Zeit ganz davon abgegangen und man wählt lieber die nebenstehende mit ganz parallelen Schenkeln und bedient sich ihrer sowohl zu einzelnen Hufeisen als auch zu Magazinen.

Fig. 69.



Bei dieser Form aber, wie bei der vorigen, werden die einzelnen Hufeisen zwar im Allgemeinen ganz gleich, doch insoweit von einander verschieden gemacht, daß diejenigen, welche die **äußersten bilden**, um etwa ¼—½ Zoll kürzer sind als die mittelsten, man glaubt dadurch die magnetische Kraft nach der Mitte hin zu concentriren und die Tragkraft zu erhöhen.

Inwiefern dies gegründet, ist schwer zu ermitteln, zwei dergleichen Hufeisenmagazine von demselben Stahl und von gleicher Größe zu machen, ist nicht wohl thunlich, denn es ist nicht derselbe Stahl und wenn die beiden verschiedenen Magazine aus der nämlichen Stange geschmiedet wären — jedes Hufeisen ist ein Individuum, jedes hat vom andern verschiedene Eigenschaften, Dichtigkeit, Hitzgrad beim Schmieden, wiederholtes Glühen, Härtung, Anlassen, Bearbeiten der Oberfläche ꝛc. — das Alles sind Bedingungen, die bei zwei Magneten nicht in völliger Gleichheit hergestellt werden können, darum wird man die Frage wohl unentschieden lassen müssen, und selbst die Größe wird nicht mathematisch gleich sein bei beiden; da dies aber eine Bedingung eines gültigen Vergleichs ist, so läßt sich eben ein solcher Vergleich nicht anstellen.

Stahlstäbe wie Hufeisen müssen nach der Bearbeitung gehärtet und hierauf wenigstens purpurroth angelassen werden, man kann sie jedoch ohne Gefahr für die Dauer des Magnetismus auch violet oder dunkelblau an-

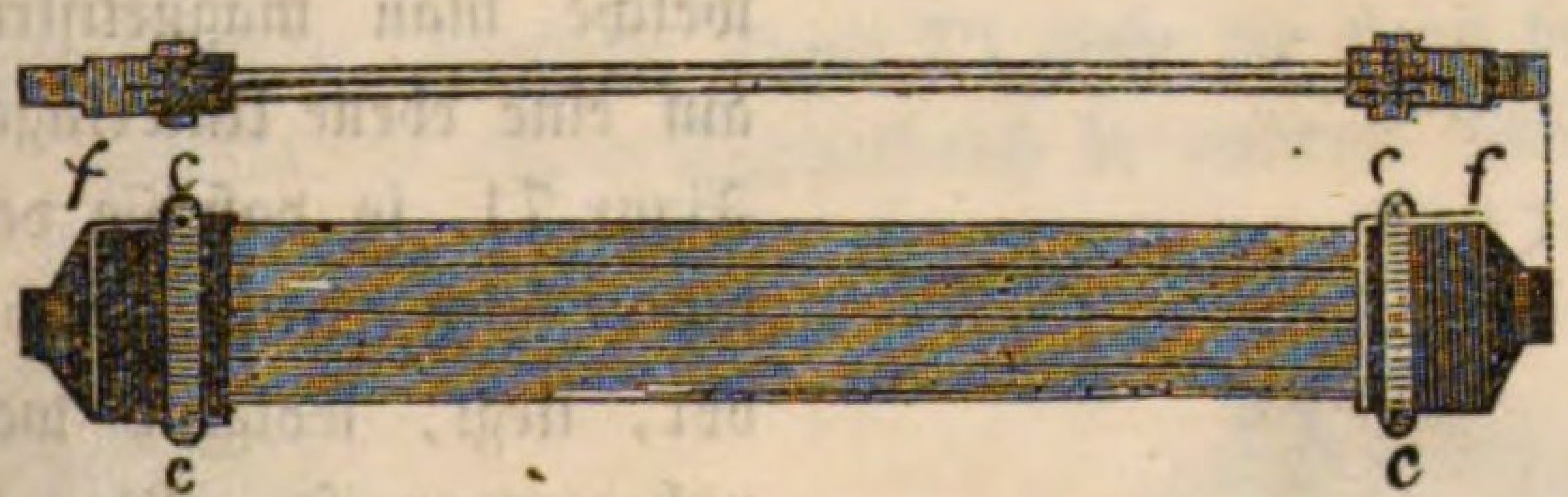
lassen. Darauf werden sie gerichtet und geschliffen und sind nunmehr zum Streichen fertig.

Zu einem Anker braucht man stets ein Stück Eisen von der Form *snmb* der obenstehenden Figur 69. Es muß so dick und so breit sein wie das Hufeisen, seine Länge richtet sich nach der Weite der beiden Schenkel des Hufeisens, die es ganz bedecken muß. Bei *b* ist ein Loch gebohrt, in welches man ein *S*förmig gebogenes Stück Eisen bringt, um Gewichte daran zu hängen. Die Oberfläche des Eisenstückes *ns* wird ganz gerade gehalten, so daß es an den unteren Flächen der Schenkel des Hufeisens genau anliegt, querüber jedoch rundet man es ein wenig ab, so daß es den Beginn einer cylindrischen Fläche zeigt.

Das Loch *b* muß ganz genau unter der Mitte der Längen-Dimension des Eisenstücks angebracht werden, so daß eine Linie *ab* bis zu der Biegung des Hufeisens verlängert, parallel mit beiden Schenkeln des Hufeisens läuft und die Biegung oben in der Mitte trifft.

Ein für das Streichen höchst wichtiger Apparat ist das Magazin aus Magnetstäben, wovon die eingeschaltete Figur 70 eine doppelte Ansicht zeigt. Dasselbe besteht aus dünnen Stäben, nicht selten aus ungezahnten Säge-

Fig. 70.



blättern, besser wohl aus ⅛ bis $^1/_{12}$ Zoll dicken Stäben aus gewalztem Stahl (nur nicht englischen Gußstahl), welche etwa 1 Zoll Breite haben. In der vorliegenden Figur 70 sind deren vier mit ihren breiten Seiten an einander und dreifach sind sie über einander gelegt, im Ganzen hat dies Magazin also 12 Stäbe, zwischen *c* und *c* sieht man ihre Anordnung. Bei der oberen schmalen Figur nimmt man 3 schwarze Striche wahr, dies sind die (hier nach französischer Methode) sehr dünnen Stäbe, die weißen Linien sind die Zwischenräume, *ff* sind Stücke von weichem Eisen, so gestaltet wie die Figur zeigt und dergestalt eingeschnitten (mittelst einer Metallsäge), daß die einzelnen Stäbe in die Schnitte eingeschoben werden können, nachdem sie magnetisirt sind. Es ist dies eine sehr schwierige Arbeit, daher wird solch ein Apparat sehr kostbar, es scheint auch, als sei eben so große Wirkung mit geringeren Mitteln zu erreichen. Der Verfasser besitzt ein solches Magazin, worin die Stäbe gleich lang, nicht in eisernen Fassungen sitzen

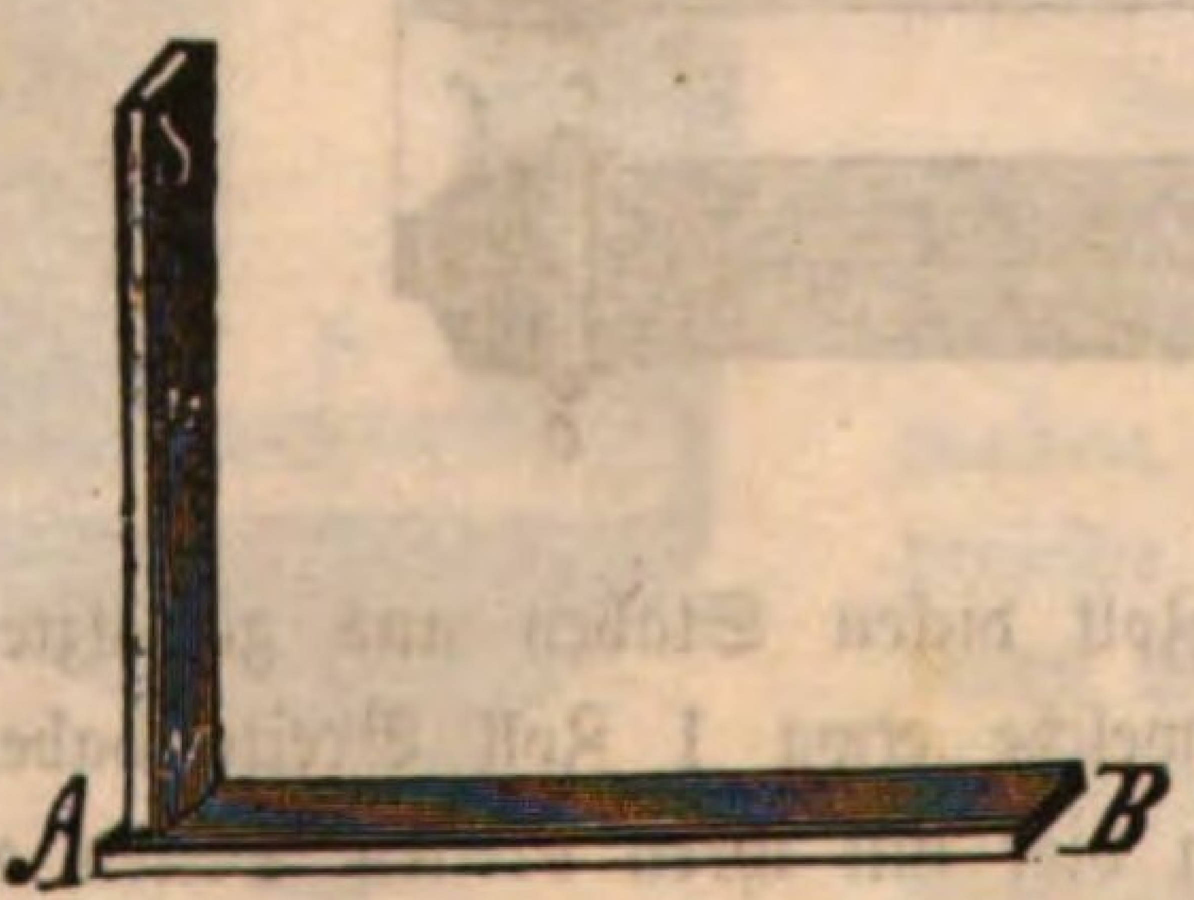
und welches außerordentliche Dienste thut. Damit die Stäbe sich nicht unmittelbar berühren, ist zwischen jede Lage derselben ein Streifen dünne Pappe gebracht (Preßspahn), sie sind mit starkem wollenen Schnur dicht bewickelt, halten fest zusammen, sind leicht zu behandeln, man stößt sich nicht die Knöchel daran wund und endlich kosten sie nicht den sechsten Theil von dem, was man dem Mechanikus würde geben müssen, wenn er sie nach obiger Art machen sollte.

Das Magnetisiren.

Das Streichen selbst (das Magnetisiren) theilt sich in den einfachen Strich, den Doppelstrich und den Kreisstrich.

Der einfache Strich.

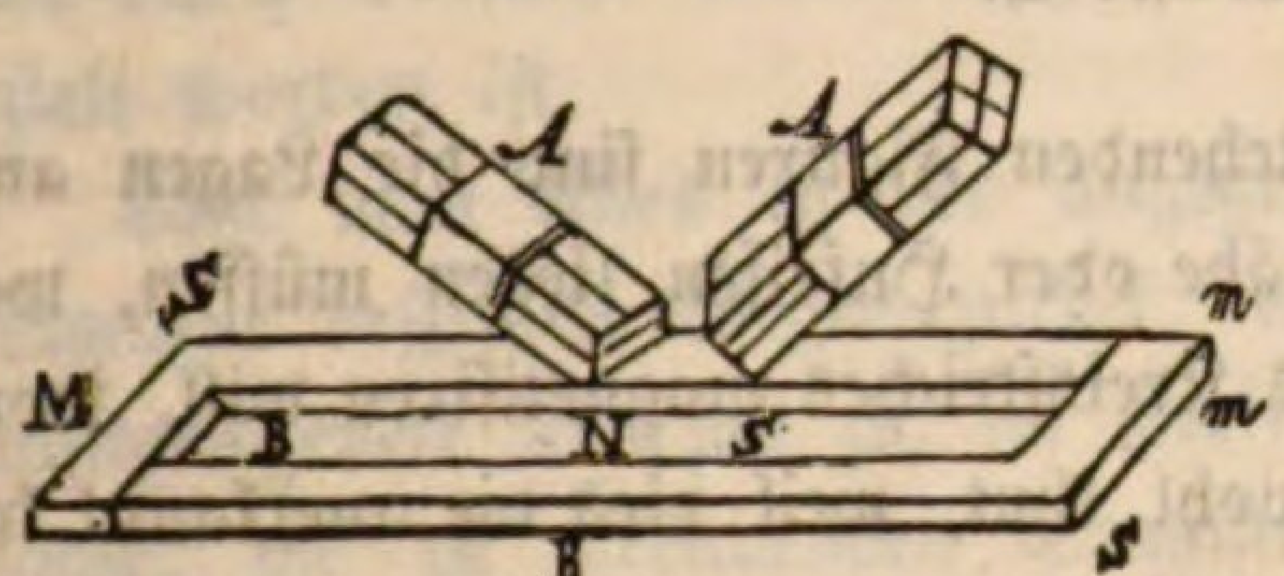
Fig. 71.



Der einfache Strich besteht darin, daß man den Stab oder die Nadel, welche man magnetisiren will, flach auf eine ebene Unterlage legt, *AB* der Figur 71, so daß sie dem Experimentator halb rechts, nicht ganz gerade vor, liegt, lediglich weil dies etwas unbequemer ist. Man legt den Stab ferner so, daß derjenige Theil, welcher Nordpol werden soll, nach links sieht. Mit dem Nordpol eines kräftigen Magnetstabes, *NS*, streicht man jetzt über den liegenden Stab hin immer so, daß man den Nordpol des Streichmagnets auf die Stelle des Stahles setzt, die Nordpol werden soll, also hier auf *A*, und dann mit mäßiger Geschwindigkeit über die ganze Länge desselben zum Südpol hin streicht, darauf den Magnet aufhebt, durch einen Umweg durch die Luft wieder zu dem Nordpol zurückkehrt, von da abermals nach dem Südpol unter mäßigem Drucke hinstreicht und dies 6 bis 8 Mal auf jeder Seite des Stahlstabes oder der Nadel wiederholt, worauf das Magnetisiren beendet ist.

Der Doppelstrich.

Fig. 72.



Um den Doppelstrich zu geben, bedarf man zweier Magnetstäbe oder Bündel (*AA* der Fig. 72); das zu streichende Stück Stahl wird flach hingelegt, so befestigt, daß es nicht weichen kann, oder man legt 2 Stäbe neben einander, wie die Figur zeigt und schließt sie an beiden Enden durch Eisenstäbe *MS* und *ms*, dann setzt man die beiden Magnete *AA*, indem man sie geneigt mit ihren ungleichnamigen Polen zusammen hält, in der Mitte des zu streichenden Stahlstabes auf, wie die Figur angiebt, und zieht sie gleichzeitig bis an die Enden fort, wobei man darauf zu sehen hat, daß auf der Seite, wo man den Nordpol haben will, der Südpol des streichenden Magnetes stehe und auf der zur Südseite bestimmten Hälfte der Nordpol. Dasselbe wird mit dem zweiten Stahlstabe gemacht, nur verwechselt man dabei die Pole der streichenden Magnete. Die beigefügte Figur 73 giebt die Lage der Stäbe zum Doppelstrich, Figur 74 zu einem Doppelstrich in anderer Weise an; in der

Fig. 73.

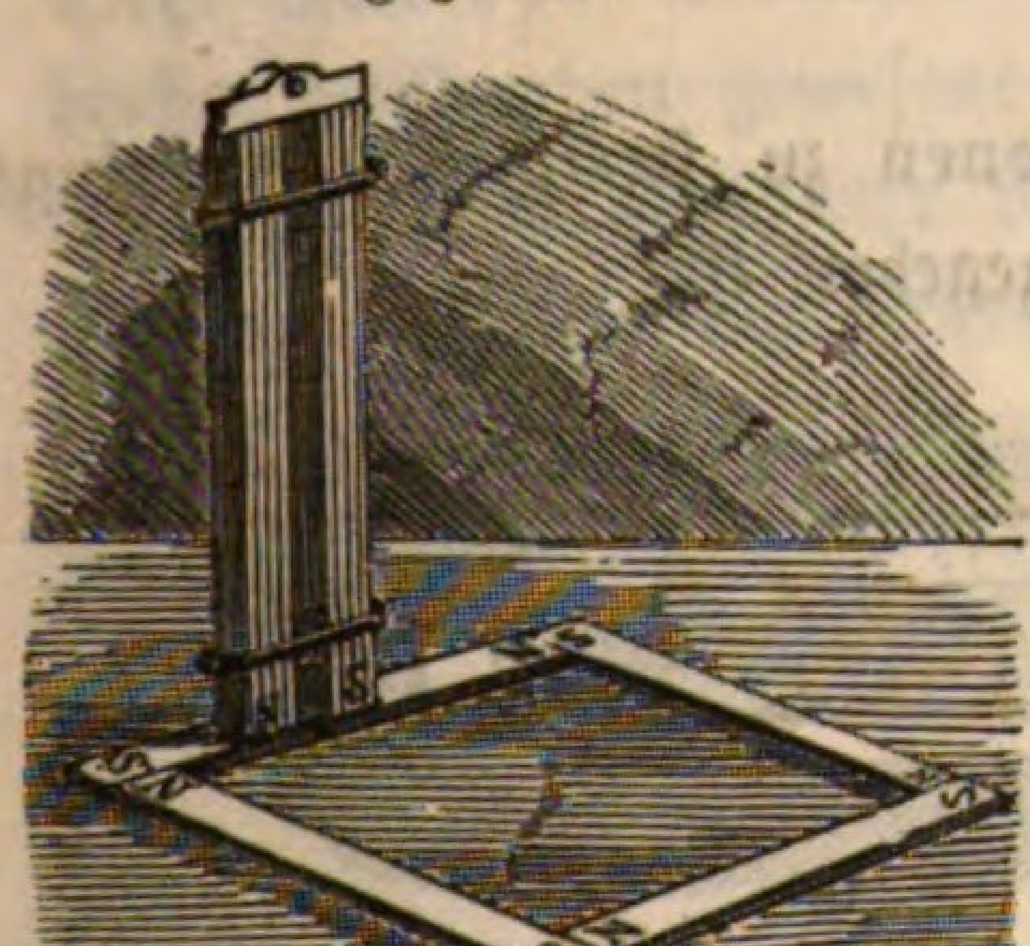
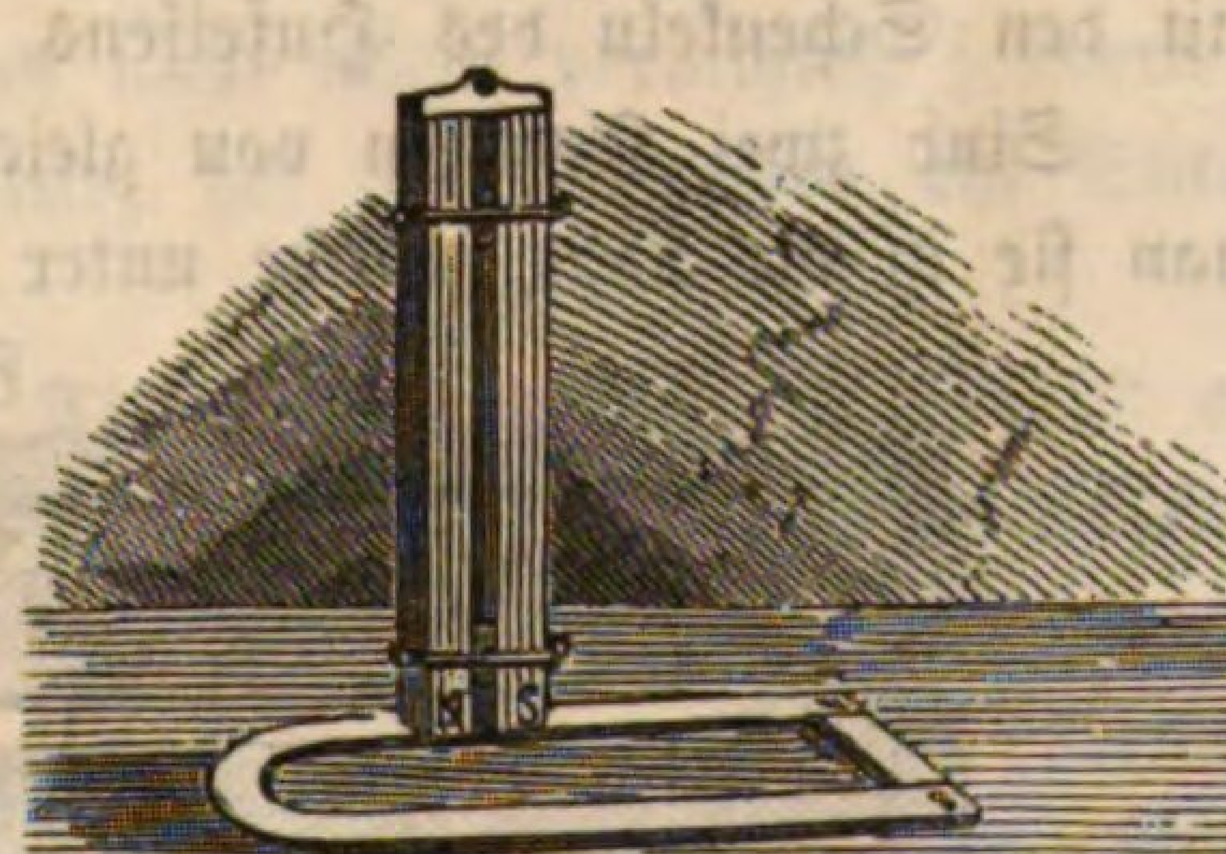


Fig. 74.



ersteren stehen die zu streichenden Stäbe senkrecht neben einander, durch zwei Klötzchen von Holz in einer bestimmten Lage aus einander gehalten und durch Metallklammern an einander befestigt. Die Bezeichnung mit den Buchstaben *N* und *S* giebt an, wie bei dem Paare die Pole stehen müssen und ihre Stellung auf dem unten liegenden Stab zeigt, wie die Pole des Paares gegen den zu streichenden Stahlstab gerichtet sein müssen. Dieses Paar wird in der Mitte des Stahles aufgesetzt und dann bei genau gleichbleibender Richtung bis an das Ende *S*, darauf zurück bis an das Ende *N*,

hin und her und wieder hin und her geschoben; kehrt man das Paar um, so daß *S* zu stehen kommt wo *N* steht, so wird die erregte Kraft aufgehoben, daher ist es von Wichtigkeit, daß eine solche Umkehrung nicht geschehe.

Der Kreisstrich.

Fig. 75.



Auf den umstehenden Figuren sind die Lagen angegeben, in denen Stäbe oder Hufeisen liegen müssen, wenn man sie mittelst des Kreisstriches magnetisiren will, woran man immer sehr wohl thut, weil dies die anerkannt kräftigste Art ist, Magnetismus zu erwecken.

Hat man vier Stäbe, so legt man sie zusammen, wie Fig. 73 zeigt, immer mit einem Nordpol des einen an einen Südpol des andern Stabes. Hat man zwei zu streichen, so legt man sie wie Fig. 75 und verbindet sie oben und unten durch Eisenstäbe *ab* und *cd*, welche die gleiche Dicke und Breite der zu streichenden Stahlstäbe haben müssen, die auch in jedem Falle zu einem Paar von Stäben gehören und mit denen sie in der sub Nr. 75 angegebenen Lage in einem Kasten verwahrt werden müssen.

Will man ein Hufeisen streichen, so zeigt Fig. 74 seine Lage für den Kreisstrich; zwischen *n* und *s* ist ein Eisenstab von gleicher Dicke und Breite mit den Schenkeln des Hufeisens.

Sind zwei Hufeisen von gleichen Dimensionen zu streichen, so bringt man sie in die Lage, welche unter Fig. 76 angegeben ist.

Fig. 76.



Bei dem Kreisstrich wird nun verfahren wie folgt:

Auf irgend einen Stab oder ein Hufeisen setzt man das magnetische Magazin (Fig. 79) so auf, wie bei Fig. 73 oder 74 zu sehen, dergestalt, daß sein aufstehender Nordpol dem liegenden Südpol zugerichtet ist. Mit diesem Nordpol voran, beide Pole aufstehend auf den Stahlstäben, gleitet man langsam fort, an den Ecken oder Biegungen so weit wie nöthig das Magazin in der Hand wendend, doch niemals umkehrend, sondern immer mit dem Nordpol voran, vom liegenden Nordpole abgewendet auf den Südpol zu, über diesen und den daran stoßenden Nordpol des nächsten

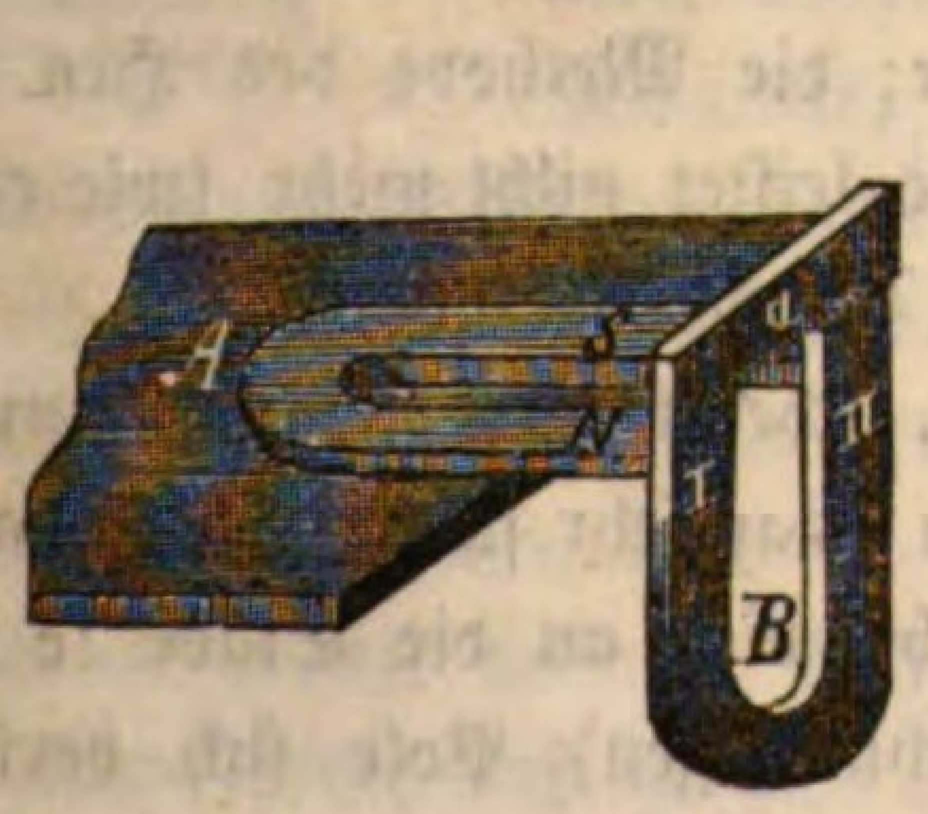
Stabes oder Hufeisens hinweg, wieder auf den vorliegenden Südpol zu u. s. w., bis man herum ist.

Man hält hier jedoch nicht an, sondern fährt weiter zum zweiten, dritten, zehnten Male in dem (viereckigen) Kreise umher, bis man glaubt oder durch Versuche ermittelt hat, daß nunmehr die möglichste Magnetisirung erzielt worden ist.

Läßt man Alles in der angegebenen Lage und fährt dann mit dem Magazine desselben Weges zurück, d. h. mit dem Südpol voran auf den nächstgelegenen Nordpol zu, im Kreise umher, so ändert dies nichts in der Sache, die zu streichenden Stahlstäbe verlieren nichts an ihrer Kraft, oder wenn sie noch nicht gestrichen waren, so werden sie durch diese umgekehrte Bearbeitung ebenso stark und in derselben Art magnetisch wie auf die andere Weise; aber wenn man die Stahlstäbe auf die erstgedachte Art gestrichen hat, indem man immerfort der oben angegebenen Richtung folgte, und man kehrt nunmehr das Magazin in seiner Hand um, streicht dann nicht, wie soeben gesagt, sondern umgekehrt, so wird dadurch der Magnetismus immer mehr geschwächt; hat man so viel Striche zurück gethan, als man herwärts gemacht hat, so ist der Magnetismus so gut wie aufgehoben. Er sollte eigentlich vollkommen gleich Null sein, allein Unregelmäßigkeiten im Strich, in der Bearbeitung des Stahles lassen eine solche Genauigkeit nicht zu, etwas Magnetismus wird immer übrig bleiben. Setzt man das Streichen in dieser verkehrten Richtung fort, so wird der bisher vorhanden gewesene Magnetismus nicht allein vernichtet, sondern es wird neuer in verkehrter Richtung erweckt, der Nordpol wird ein Südpol und der Südpol ein Nordpol werden.

Ein Mechanikus, der unter dem Titel eines „Professor Keil" eine Zeit lang viel von sich reden machte, behauptete, er habe eine neue Methode zu magnetisiren erfunden, welche alle früheren weit übertreffe, er verkaufte das Geheimniß, unter dem schriftlichen Versprechen des Käufers, dasselbe Niemandem weiter mitzutheilen, für 10 Louisd'or, dann für 5, für 1, und endlich für 1 Thaler. Es ist jetzt allgemein bekannt geworden und besteht in Folgendem:

Fig. 77.



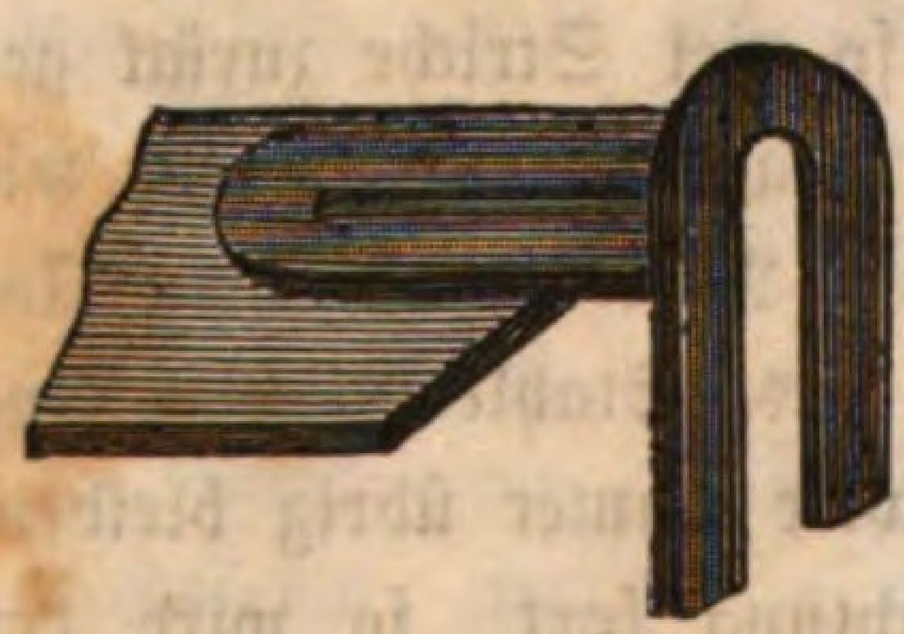
Auf einen Tisch (*A* Figur 77) legt man ein möglichst starkes magnetisches Hufeisen, so daß seine beiden

Pole über den Tischrand hinausragen. Man läßt dasselbe entweder von einem Gehülfen in dieser Stellung festhalten oder man befestigt es durch eine hölzerne Zwinge, wie die Tischler sie brauchen.

Das zu magnetisirende Hufeisen (*B* der Figur 77) hält man senkrecht vor den Magnet mit den künftigen Polen an die wirklichen Pole des Magnets und nun zieht man das zu streichende Hufeisen unter fortwährender Berührung mit dem liegenden an diesem hinauf, so daß endlich die Biegung auch daran vorüber geführt wird.

Nunmehr ist das Hufeisen bereits magnetisch und wird, falls der Stahl nicht ganz schlecht ist, das Stück Eisen (*a* der Figur 77), welches wir als Anker kennen gelernt haben, tragen. Man legt dieses auf die beiden Schenkel des Hufeisens und setzt nunmehr das Streichen fort, genau wie beim ersten Male. Ist dies fünf bis sechs Mal geschehen, so magnetisirt man es auch auf der anderen Seite; dabei ist die Vorsicht nöthig, daß es nicht horizontal, sondern vertikal umgedreht wird; um gewiß verständlich zu sein, folgt hier eine zweite Figur, welche die Art der Umdrehung zeigt. Die Schenkel des Hufeisens *I* und *II* standen bei der vorigen Figur aufrecht, jetzt hängen dieselben herab; vorhin führte man den Stahlbügel von unten nach oben an dem Magnet vorbei, jetzt führt man ihn von oben nach unten. Hierbei bleiben die streichenden Pole unverändert mit den ihnen zugehörigen Schenkeln des Stahlbügels vereint und es findet eine wirkliche Verstärkung bei dem Streichen auf der anderen Seite statt.

Fig. 78.



Das Verfahren selbst aber hat große Unbequemlichkeiten, man kann nur Hufeisen mit parallelen Schenkeln streichen und zu jeder Breite eines Hufeisens ist ein eben so breiter Streichapparat nöthig. Dies Alles wäre zu überwinden, wenn etwas gewonnen würde; die Methode des Hrn. Keil hat aber nicht den mindesten Werth, denn sie leistet nicht mehr (wie er versprochen hat), sondern viel weniger als der Doppel-Kreisstrich.

Der übrigen Streicharten zu gedenken, scheint nicht nöthig, nur eins wollen wir noch hinzufügen. Wenn man ein paar sehr starke Stäbe hat und ein Hufeisen streichen will, so thut man wohl, dies an die Stäbe so anzulegen, daß die freundschaftlichen (die ungleichnamigen) Pole sich berühren, so als ob in Figur 76 das eine das Hufeisen, das andere aber die Stäbe wären, deren Krümmung man abgeschnitten und durch einen Eisenstab geschlossen denken muß. Legt man nunmehr noch unter das Hufeisen quer

herüber solche Eisenstücke, solchergestalt, daß eben dieses Hufeisen auf lauter dicht an einander geschobenen Stücken Eisen ruht und streicht man alsdann mit dem Kreisstrich sowohl über das Hufeisen als auch über die an sich schon starken Magnetstäbe hinweg, als ob man diese gleichfalls magnetisire, so erhält man die stärkste Wirkung, welche durch Streichen erwirkt werden kann.

Starke und ausgiebige Magnete.

Dabei ist jedoch nicht zu übersehen, daß derselbe künstliche Magnet, den man heute auf das Stärkste magnetisirt zu haben glaubt, doch noch einen höheren Grad von Magnetismus anzunehmen vermag, wenn man ihn mit noch stärkeren Mitteln, mit noch geeigneteren Apparaten behandelt. Allerdings ist es nicht die Tragkraft, nach welcher man diese Kraft beurtheilen muß, denn es ist unzweifelhaft, daß ein mit mäßig starken Magazinen gestrichener Magnet nicht selten einen bedeutenden Theil seiner Kraft verliert, wenn man das Streichen mit viel stärkeren als den bisher gebrauchten Magazinen fortsetzt. Im Besitz des Professor Erman war ein Magazin von 8 Stück zollbreiten Stangen, welche ungefähr 9 Zoll lang, zu zwei Massen vereinigt waren, gestaltet wie Figur 79, nur zum Streichen gebraucht wurden, und die Anker lediglich hatten, um sie allenfalls belasten zu können, welche aber wohl schwerlich zwei Pfund, d. h. die Hälfte ihres eigenen Gewichts getragen haben dürften.

Fig. 79.



Mit diesen Magnetstählen hat der Verfasser für Professor Erman, Hermbstädt und Seebeck, sowie für sich selbst eine große Anzahl Stähle zu Magneten gemacht, welche nicht nur die Tragkraft jener Stäbe weit übertrafen, nicht nur, je nach der Größe der Magnete, das Zwölf- bis Fünfzigfache ihres eigenen Gewichts trugen (2 Pfund schwere Stähle trugen 24 Pfund bis ¼ Centner, ein in Seebeck's Besitz befindlicher Magnet von 1½ Pfund wurde auf 36 Pfund, viele kleinere von 6 Loth wurden bis zu 8 und 9 Pfund Tragkraft erhoben), sondern auch in Streichkraft ein anderes magnetisches Magazin in der Form des S. 185 beschriebenen, das gegen 60 Pfund trug, so weit übertrafen, daß sie das Drei- und Vierfache von dem großen Magazin leisteten.

Der Verfasser hat sich nach dem gedachten Modell ein ganz gleiches und später mehrere viel größere machen lassen, hat ferner Mechaniker in

Berlin und anderen Orten über die Wirkung ihrer Apparate gesprochen und mit denselben experimentirt, nie aber etwas Aehnliches erzielen können, als mit jenem einfachen, unscheinbaren Apparat erreicht wurde.

Die französischen Physiker der alten Schule hatten sehr gut gewählte Unterscheidungsbenennungen für dieses verschiedene Verhalten, sie nennen einen Magnet von großer Tragkraft Aimant vigoureux, und einen solchen, der leicht den Magnetismus erweckt, Aimant genereux. In der letzten Bezeichnung liegt zwar der Gedanke verborgen, daß ein Magnet dem andern von seiner Kraft mittheile, was durchaus unwahr ist, denn Mittheilung setzt Verlust voraus; der streichende Magnet müßte dann, wie bereits bemerkt, durch den Gebrauch schwächer werden und eigentlich gerade soviel verlieren, als er mitgetheilt hat, und es wäre dann unmöglich, daß ein Magazin von 6 Pfund Tragkraft ein Stahlhufeisen auf 50 Pfund erhöbe; allein abgesehen davon, und den Sprachgebrauch bedenkend, welcher immerfort von Mittheilen, Abgeben und Uebertragen des Magnetismus fabelt, so kann man eine solche Unterscheidung nur zweckmäßig finden, da sie wirklich bezeichnend ist und eine Erklärung für dies Phänomen fehlt.

Sättigungspunkt des Stahles.

Ob bei dem Streichen das Aeußerste erreicht ist, was ein gewisser Stahl von einer gewissen Größe erhalten kann, ist schwer zu ermitteln. Man pflegt anzunehmen, daß man einem Stahlstabe mehr Magnetismus geben könne, als er zu halten vermag.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß ein Hufeisen mit vorgelegtem Anker magnetisirt, jetzt vielleicht das Doppelte von dem trägt, das dasselbe Hufeisen tragen kann, wenn der Anker einmal abgerissen ist; diejenige Tragkraft, welche es durch zwei- oder mehrmaliges Abreißen verliert, ist dasjenige, was es zuviel, was es mehr erhalten hat, als es fassen kann. Es kommt nun ein Zeitpunkt, wo ihm das Abreißen nicht mehr schadet, das ist der Sättigungspunkt, über welchen hinaus man es nicht mehr stärker magnetisiren zu können glaubt, dies ist jedoch nur wahr in Beziehung auf die Mittel, mit denen man das Magnetisiren vornahm; hat man später noch einmal über noch bessere Apparate, d. h. über noch genereusere, zu gebieten, so wird nunmehr das mit geschlossenem Anker magnetisirte Hufeisen nicht nur vor dem Abreißen des Ankers noch mehr tragen, als nach dem ersten Streichen, sondern es wird auch nach dem Abreißen viel mehr

Tragkraft übrig behalten als vorhin. Es wird mithin sehr fraglich sein, ob man den Sättigungspunkt für ein beliebiges Stück Stahl erreichen kann.

Es ist sehr sonderbar, daß kleine Magnete, von dem nämlichen Stahl gemacht wie große, verhältnißmäßig viel mehr tragen als große, d. h. vielmal mehr als ihr eignes Gewicht. Ein Stahlhufeisen von 1 Loth ist ganz leicht dazu zu bringen, daß es 1 Pfund trägt; ein solches Hufeisen von 1 Pfund Gewicht wird wohl schwerlich auf eine Tragkraft von 32 Pfund erhoben werden, sollte dies wirklich mit Hülfe ganz ausgezeichneter Mittel möglich sein, so ist soviel ganz gewiß, daß, mit denselben Mitteln behandelt, das Hufeisen von 1 Loth wahrscheinlich viermal sein zweiunddreißigfaches Gewicht tragen wird, und daß diese Annahme keine willkürliche ist, geht aus der Thatsache hervor, daß Newton einen Magnet besaß, den er in einem Ring trug, welcher bei ungewöhnlicher Kleinheit das Zweihundertundsechzigfache seines eigenen Gewichtes zu heben vermochte.

Ich glaube, daß gerade hierin der Schlüssel zu dem Räthsel liegt, warum große Magnete lange nicht soviel tragen, als ihrer Masse angemessen wäre, wenn man sie mit kleineren vergleicht.

Wie tief der Magnetismus dringe.

Eine Stahlfeder von Papierdicke hat sehr wenig Körper, ist beinahe lauter Oberfläche. Der streichende Magnet braucht nicht viel weiter als auf die Oberfläche zu wirken, um sehr tief einzudringen und wird mit seiner Kraft verhältnißmäßig vielleicht zehn-, zwanzigmal so weit dringen, als bei einem zolldicken Stabe. Gesetzt, er habe bei dem Eindringen ein Hunderttheil Linie erreicht, so ist, da die Dicke der Feder nur vier Hunderttheile beträgt, er bis auf ein Viertheil der ganzen Masse von jeder Seite gedrungen, die halbe Masse des Stahles ist also magnetisirt.

Setzen wir voraus, der Magnet vermöchte nichts weiter (wenn er mehr vermöchte, warum sollte er dann nicht die Feder ganz durchdrungen haben), so liegt es auf der Hand, daß er von einem zolldicken Stahlstabe nur einen Fünfzigstheil seiner Dicke durchdrungen habe, der große Stahlstab also nur im Verhältniß seiner Längen- und Breitenausdehnung, nicht im Verhältniß seines Gewichts, an Tragkraft zunehmen kann und im Gegentheil er an diesem großen Gewicht nur einen unnützen Ballast hat.

Es ist ja überhaupt mit der Kraft so, daß sie gar nicht von der Masse

abhängt; ein flandrischer Karrengaul wiegt viermal soviel, und ist auch an Masse viermal, vielleicht fünfmal so groß, als ein arabisches Pferd, doch wird das arabische edle Pferd viel mehr leisten, als der ungeschickte große Gaul. Nicht der große und dicke Mensch ist immer der Stärkere, ein junger Beduine, mager, daß man alle Rippen zählen kann, wird im Ringkampf den Franzosen, der seinen Aul durch die fernhin tragenden Geschosse erobert hat, besiegen, sowie er durch den regen Geist des Europäers besiegt wurde; der schwer gebaute, massive, vielleicht fette Europäer hat an seiner eigenen Last soviel zu tragen, daß ihm die Kräfte, die er hierauf verwenden muß, fehlen, wenn er sie nach außen richten will.

Ob dies nun wirklich so, d. h. ob das angeführte Beispiel von thierischen Kräften einen Rückschluß auf diese geheimen Kräfte des Magnetismus gestattet, wollen wir dahin gestellt sein lassen, dies jedoch ist gewiß, die Physiker müssen, ohne sich dessen bewußt zu sein, die Meinung doch haben, sonst würden sie ja nicht rathen, statt eines dicken Hufeisens lieber mehrere dünne zu wählen, sonst würde Coulomb, Ampère u. A. ja nicht rathen, zu magnetischen Magazinen in Stabform wirklich lauter breite Uhrfedern zu nehmen, sie einzeln zu magnetisiren und dann einen Apparat zusammen zu setzen, wie derselbe auf S. 187 beschrieben worden.

Es bliebe vielleicht ein Mittel übrig, um zu erforschen, ob der Magnetismus wirklich nicht bedeutend in die Tiefe der Stahlmasse dringe, man müßte einen magnetisirten Stahlstab von ziemlicher Dicke auf dem großen Stein einer Schleifmühle (unter Zutritt von vielem Wasser, damit er sich nicht erhitze) dünn schleifen, um zu sehen, ob der dünner gewordene Stab von seiner Kraft mehr verliert als von seiner Masse, ob nicht gar ein Punkt käme, wo die magnetische Kraft ganz aufhörte, ein Kern, welcher nicht magnetisirt ist, indessen rundum Magnetismus gewesen ist. Besitzer von Schleifmühlen, von Gewehrfabriken, in denen es immer Leute giebt, welche hiermit gut umzugehen wissen, würden sich durch Erforschung dieses Gegenstandes, durch Feststellung der Thatsache ein großes Verdienst um die Wissenschaft erwerben, und da diese Herren gewöhnlich tüchtige Techniker sind, auch die Physik getrieben haben müssen, so kann ihnen der Gegenstand nicht fremd, er wird ihnen sogar von Interesse sein.

Daß es Mittel giebt, den Magnetismus in dem Stahl auf einen ungewöhnlich hohen Grad zu treiben, davon liefern uns mehrere holländische Mechaniker den sichersten Beweis, indem aus ihren Werkstätten Magnete nach Berlin gekommen sind, von einer Tragkraft, welche man sonst an Hufeisen von dieser Größe nicht kannte. Wahrscheinlich sind sie durch die Elias'sche Streichmethode so stark geworden, von dieser können

wir erst bei dem Capitel vom Elektromagnetismus sprechen, aber das Faktum, daß Stahl zu einer ganz ungewöhnlichen Höhe magnetisirt werden könne und daß man durch andere als die sonst bekannten Mittel dahin gekommen, Stahl stärker zu magnetisiren als bisher möglich gewesen, durften wir wohl anführen.

Härtung des Stahles zu Magneten.

Ist es durchaus nicht gleichgültig, welche Stahlgattung man zu Magneten wählt, so ist dies noch weniger der Fall mit dem Grade von Härte, den man ihnen giebt und mit der Art, wie sie gehärtet werden.

Das Härten besteht bekanntlich in plötzlichem Abkühlen des Stahles nach vorhergegangenem Glühen. Dabei sind durchaus technische Kenntnisse nöthig, denn jeder Stahl fordert seinen eigenen Hitzgrad und wer englischen Gußstahl, Danziger Fäßchenstahl und Solinger Klingenstahl in demselben Feuer bis zu gleicher Farbe erhitzen wollte, würde vielleicht alle drei verderben, wenigstens zwei derselben gewiß; die eine Sorte Stahl will dunkelroth, eine andere kirsch-, eine dritte hellroth, eine vierte gar weiß glühend gemacht werden, wenn sie beim Eintauchen in kaltes Wasser die ihr eigenthümliche Härte annehmen soll. Man ist hierbei also in den Händen des Messer- oder Klingenschmiedes (man gehe ja nicht zum Hufschmied oder Schlosser, es sei denn, daß er geübt ist, Wagenfedern zu machen), auf den man sich verlassen muß.

Das Abkühlungsmittel aber hat man in seiner Wahl, da giebt es nun Wasser von sehr verschiedener Temperatur, Oel und endlich harten, ungeschmolzenen Talg.

Das Wasser ist das wohlfeilste und gewöhnlichste Material, und um Glashärte zu erzielen, auch das beste. Eine vortreffliche Art des Härtens hat man durch das Eintauchen der glühenden Masse in Oel, viel besser aber noch, d. h. härter und doch nicht spröde, wird der Stahl, wenn er in Talg gekühlt wird. Man muß dazu einen Klumpen Talg in der ihm zugehörigen Form (in einem Fäßchen) haben, welches beträchtlich breiter und länger ist als das Hufeisen oder der Stab, der gehärtet werden soll. Das Metall, auf den vorschriftsmäßigen Grad erhitzt, wird mit der Zange gefaßt und aufrecht (wenn es ein Hufeisen ist, mit beiden Schenkeln nach unten) auf den Talgklumpen gedrückt, in welchen es sofort und sehr schnell eindringt, was man durch Nachdrücken von oben noch um etwas befördern kann.

Gewöhnlich entzündet sich dabei der Talg, allein sobald der glühende

Stahl unter der Oberfläche ist, geht die Flamme von selbst aus oder sie wird durch einen Hauch erlöscht.

Der Stahl nunmehr, immer noch an der Zange gehalten, wird nach verschiedenen Richtungen gegen den noch ungeschmolzenen Talg geführt, bis er so weit abgekühlt ist, daß er nichts weiter abschmilzt.

Es ist unzweifelhaft, daß bei dem Abkühlen in Wasser ein ganz anderer, chemischer Prozeß entsteht, als bei dem Kühlen in Talg, denn bei Anwendung von Wasser wird der Stahl brüchig und auf dem Bruche grobkörnig, was bei dem Kühlen in Talg nicht stattfindet. Die Temperatur allein kann es nicht sein, denn erstens kann man Talg ebenso kalt haben wie Wasser, zweitens entzieht es dem Stahle mehr und schneller die Wärme, da derselbe auch die Schmelzungstemperatur hergeben muß, mit welcher der Talg aus dem starren in den flüssigen Zustand übergeht. Welche Veränderung das Wasser aber bewirkt, ist noch nicht wissenschaftlich ermittelt worden; der Techniker weiß nur, daß er ein so gehärtetes Stück Stahl nicht auf den Boden fallen lassen darf, es zerbricht wie Glas.

Anlassen des Stahles.

Beim Härten mit Wasser begegnet man diesem unbequemen Grade von Sprödigkeit durch das sogenannte Anlassen, welches gleichmäßig zu machen auch nicht eben leicht ist. In großen Klingenfabriken hat man hierzu eigene Oefen, welche eine Lufttemperatur von so und so viel hundert Graden haben, als nöthig sind, um Stahl zum Anlaufen zu bringen; der Arbeiter, welcher dergleichen Mittel nicht hat, muß sich mit einem breiten Kohlenfeuer begnügen, über welches freilich auch bei der größten Sorgfalt solche Gleichmäßigkeit, wie sie wünschenswerth wäre, nicht erzielt werden kann.

Vor allen Dingen muß man sich hüten, Steinkohlen zur Feuerung anzuwenden (ganz besonders sind sie beim Härten schädlich), gute Holzkohlen, auf einem Heerde ausgeglüht, thun das Nöthige. Der Stahlstab oder das Hufeisen wird flach darauf gelegt und die Hitze wird nicht durch einen Blasebalg, sondern durch einen Fucher erhalten.

Es giebt nun sehr verschiedene Grade des Anlaufens. Nehmen wir an, wir hätten eine blanke Stahloberfläche, so würden wir zuerst den Glanzpunkt schwinden sehen, die Stahloberfläche beginnt sich mit dem Sauerstoff zu verbinden. Sobald dieser ein dünnes Häutchen auf der Oberfläche gebildet hat, wird der Stahl schon hellgelb, dann dunkler, dann hafergelb, und erhält endlich eine noch dunklere gelbe Farbe, welche sich dem Orange

nähert, worauf plötzlich diese Schattirung schwindet und einem blassen, dann einem prächtigen, dunkeln Purpur weicht.

Der Stahl wird indessen immer heißer, damit verdichtet sich die Oxydationsschicht und die Farbe geht in das überaus schöne dunkle Violet über, welches wir auf manchen Degenklingen an ihrer oberen (dem Hefte nahen) Hälfte sehen. Noch ferneres Erhitzen führt die Farbe in ein schönes Blau über.

Dies ist die äußerste Grenze, zu welcher man gehen darf, sie heißt in der Kunstsprache „federhart" und sollte wohl eigentlich heißen federweich, denn von Härte ist nicht mehr viel die Rede; eine schlechte Feile schon greift so angelaufenen Stahl an und mit einer guten Bastardfeile aus einer preußischen Fabrik kann man federblauen Stahl wirklich bearbeiten.

Bei noch fernerem Erhitzen schwinden alle schönen Farben, das Lüstre, der Glanz derselben, der Stahl wird im Ansehen dem Hammerschlag ähnlich, nur nicht ganz so dunkel, es ist ein Gemisch von Blau, Grau und Grünlich, dies ist ein Zeichen, daß der Stahl wirklich weich geworden ist.

Die Coercitivkraft des Stahles.

Bei dem Anlassen des Stahles zu Magneten kommt es nun ganz auf den Zweck des Magnetiseurs an. Will er eine bedeutende Kraftäußerung erzielen und ist es ihm nicht unbequem, wenn dieselbe nach und nach schwindet, das Hufeisen von Neuem zu magnetisiren, so wird er wohl thun, seine Instrumente bis zum Violet, vielleicht gar bis zum Dunkelblau, anlaufen zu lassen. Soweit erweichter Stahl nimmt die Umwandlung in einen Magneten viel leichter an als harter Stahl.

Will dagegen der Magnetiseur eine möglichst unveränderliche Fortdauer des erzielten Magnetismus und verzichtet er dafür auf große Stärke, so wird ihm zu empfehlen sein, daß er den Stahl so hart mache als es irgend möglich ist.

Es stehen nämlich Härte und Weiche mit der Annahme und dem Festhalten (Coercitivkraft) in einem eigenthümlichen, unangenehmen Widerspruch, je härter der Stahl ist, desto schwerer nimmt er den Magnetismus an, je weicher, desto leichter, so daß endlich ganz weicher Stahl nur einiger Striche bedarf, um außerordentlich stark magnetisch zu werden.

Umgekehrt verhält sich der harte; es ist mit allen möglichen Künsten nicht thunlich, ihn so stark magnetisch zu machen als den weichen; dagegen verliert der weiche seinen Magnetismus immer mehr, bis nach einigen Wochen fast gar nichts davon übrig ist, indessen der gehärtete Stahl den

in ihm erregten Magnetismus bis auf diejenige Quantität, die er gleich nach dem Magnetisiren durch absichtliches Losreißen verlor, fast unverändert ein halbes Jahrhundert und darüber behält. Humboldt hat Versuche über die Intensität, über die Richtungskraft des Erdmagnetismus an sehr verschiedenen Orten gemacht. Das einfache Instrument, ein kleines magnetisirtes Lineal von glashartem Stahl, existirt noch in Berlin und seine Aussagen über die magnetische Intensität sind jetzt nach mehr als 60 Jahren noch so den damaligen gleich, daß man nicht bezweifeln kann, es habe fast gar nichts von seiner Kraft verloren.

Dies ist etwas noch nicht Ueberbotenes, denn alle Versuche, welche man sonst gemacht hat, reduciren sich auf die Dauer von ein paar Stunden, höchstens von ein paar Tagen, allein bei alledem ist es nicht unwichtig, eine der größten Autoritäten in solchen Dingen, den schwedischen Naturforscher Hansteen zu hören. Derselbe behauptet nämlich, auf Versuche gestützt, daß gehärteter Stahl in Oel gekocht, durch diesen Grad von Erwärmung (der doch zu 250° Réaumur angenommen werden kann) an Coercivität für den Magnetismus so sehr zunimmt, daß er bei gleicher Behandlung mit Magneten zwei und ein halbes Mal soviel trägt als ohne dies Erhitzen. Er kann nun schon viel verlieren, ehe er bis auf die Einheit herunter sinkt, allein freilich ist bei magnetischen Meßinstrumenten die Kraft, welche sie besitzen, weniger wichtig, als daß sie die Kraft, welche sie einmal haben, unveränderlich festhalten und ist bei der Hansteen'schen Methode auch ein großer Gewinn hinsichtlich der Kraft unbestreitbar, da dieser Mann nichts sagt, was er nicht wirklich erfahren hat, so ist sie doch für Declinations- und Inclinationsnadeln nicht praktisch.

Zweck, zu welchem man magnetisirt.

Es ist daher von Wichtigkeit, daß man wohl überlege, welches Bedürfniß das vorwaltende sei. Für Magnetstäbe, für Magnetnadeln wird man immer den härtesten Stahl wählen müssen und die Mechaniker thun sehr Unrecht, daß sie gerade diese immer wenigstens auf ihrer Nordhälfte blau anlassen. Die Nadeln brauchen gar nicht übermäßig stark zu sein, aber sie müssen den Magnetismus unverändert festhalten. Das Schlimmste ist noch überdies, daß die Mechaniker nicht selten wirklich nur eine Hälfte anlaufen lassen; geschieht es schon so, muß es über die ganze Nadel gleichmäßig geschehen, man kann ja da, wo sie nicht hingehört, die blaue Farbe

durch eine verdünnte Säure oder durch Poliren fortschaffen, geschieht das Anlaufen nur auf einer Seite, so ist die Nadel ungleich hart und zu genauen Beobachtungen gar nicht brauchbar; aber auch wenn dieser gröbste Fehler nicht gemacht wird, ist es nachtheilig, eine weiche Nadel zu haben, darum sollte man das Nordende auf eine andere Art als die gedachte bezeichnen.

Weniger schadet Weichheit den Hufeisenmagneten; wenn sie auch von ihrer Kraft nach und nach etwas, zuletzt viel verlieren, so streicht man sie wieder und sie werden eben so gut, vielleicht besser als vorher. Dies will man bei Nadeln nicht haben, sie sollen nicht besser werden als vorher, man will sie ebenso gut erhalten, unveränderlich erhalten.

Natürlich wird, weil er sich leichter magnetisirt, Niemand weichen, ungehärteten Stahl brauchen, allein vom Anlaufen läßt sich Niemand zurückhalten; der Mechanikus versichert, es schade nichts, und ehe man sich's versieht, ist der Stahl blau. Wenn es dann nur wenigstens beim Dunkelblau oder noch besser beim Violet bleibt, so ist allerdings nicht viel verloren; da es aber sehr schwer ist, den Punkt für die ganze Oberfläche zu treffen und fest zu halten, so wird leider nur gar zu häufig Hellblau daraus, d. h. der erhitzte Stahl geht in die blaugraue Mißfarbe über, welche unmittelbar auf Stahlblau folgt und dem Ausglühen vorhergeht; dann ist der Stahl weich und dies ist jedenfalls übel.

Allen den Unannehmlichkeiten weicht man bequem durch das Härten in Oel oder Talg aus. Wenn es unter den gewöhnlichen Umständen fast unmöglich ist, ein Stück Stahl von 2 Fuß Länge gleichmäßig anlaufen zu lassen, so ist es überhaupt ganz überflüssig, dies zu thun, wenn der Stahl in Talg gehärtet wurde, er ist niemals übermäßig hart, nie spröde, die Gründe des Anlassens fallen mithin weg. So in Oel oder Talg gelöschter Stahl nimmt auch nach des Verfassers Erfahrung das Magnetisiren sehr gut an. Es versteht sich, daß schlechter Stahl dadurch nicht viel besser wird; englischer Stahl möge in Wasser, in Talg oder, wie Manche wunderlich genug dies für das beste halten, in Quecksilber gehärtet sein (darin härtet er nämlich gar nicht, weil das Quecksilber sich furchtbar erhitzt und also die zum Ablöschen nöthige niedere Temperatur gar nicht behält; nächstdem ist der Versuch höchst gefährlich, er kann durch Einathmen der Quecksilberdämpfe tödtlich werden), er wird sich immer nur sehr schlecht magnetisiren lassen, dagegen ein Hufeisen von holländischem Brillenstahl, wenn es in Wasser abgelöscht und angelassen, 10 Pfund tragen kann, vielleicht 12—15 Pfund trägt, wenn es in Oel gehärtet, nicht angelassen und ebenso wie jenes magnetisirt wurde.

Mittel, die magnetische Kraft zu erhalten.

Für die Festhaltung des Magnetismus ist es sehr dienlich, wenn man den Magnet, wie man sich ausdrückt, beschäftigt, d. h. ihm beinahe soviel zu tragen giebt, als er, ohne das Gewicht fallen zu lassen, tragen kann. Ihn überlasten ist nicht gut, es wird alsdann die geringste Erschütterung Ursache zum Abreißen und solches schwächt unter allen Umständen, auch wenn der Magnet aus sehr hartem Stahl gemacht und das Abreißen des Ankers nach dem Streichen absichtlich wiederholt worden ist, um ihn auf die ihm eigenthümlichen Grenzen des beständigen Magnetismus zu bringen.

Man wird wohl thun, den Magnet gleich nach dem Streichen mit vorgelegtem Anker durch Gewichte zu prüfen, d. h. zu versuchen, wieviel er trägt. Es ist dabei sehr zu empfehlen, daß der Anker angemessen groß sei. Fast immer werden hierbei bedeutende Verstöße gemacht. Eigentlich ist es sehr zweckmäßig, daß der Anker zugleich das Gewicht wäre: wenn der Magnet 20 Pfund tragen könnte, so sollte sein Anker soviel wiegen. Da dies allerdings höchst unbequem wäre, so wählt man ein schmales Stück Eisen, in der oben bei Fig. 68 sichtbaren Form, mit daran befindlichem Haken, hieran hängt man zwei Ziegelsteine, die auch 20 Pfund wiegen und viel weniger kosten; allein soviel es ohne Unbequemlichkeit thunlich, sollte man doch den Anker groß machen, nicht unter dem sechsten Theil des Gewichtes eines Hufeisens, d. h. 1 Loth schwer, wenn der Magnet 6 Loth wiegt, zwischen 4 und 5 Pfund, wenn der Magnet ein Gewicht von $\frac{1}{4}$ Centner hat.

Hat man das Abreißen durch Gewichte erzielt, so streiche man den Magnet nochmals auf das Sorgfältigste, hierauf bringe man ihn an den Ort, an welchem er vorläufig bleiben soll und gebe ihm nunmehr nach und nach die vorige Last zu tragen, bis auf etwa $\frac{1}{12}$ des Gewichts, bei welchem der Anker abgerissen werden würde.

Es ist allerdings ein Mährchen, wie das vom Magnetberge, daß man einen Magnet füttern, nähren, seine Kraft durch allmähliges Zulegen vergrößern könne. Es werden hierüber, namentlich von alten Mechanikern und Handwerkern der längst vergessenen zünftigen Schule, die fabelhaftesten Dinge erzählt; allein es ist durchaus nicht zu läugnen, daß an den vielen falsch aufgefaßten und absichtlich entstellten Erzählungen doch auch manches Wahre ist.

Vorsicht beim Abnehmen der Gewichte.

Hängt man an einen Magnet, welcher 20 Pfund tragen kann, plötzlich diese 20 Pfund mit einem Male, so wird er dieselben wahrscheinlich nicht

tragen, sondern der Anker wird abreißen; legt man jedoch erst 10 Pfund in die Schale, welche an dem Anker hängt, dann 5 Pfund, dann noch drei bis vier Mal ½ Pfund und endlich sechs Mal ¼ Pfund, so wird man den Magnet im Laufe einer Stunde auf einige Pfund Tragkraft mehr bringen, als er vorher tragen konnte.

Wenn man nun aber glaubt, derselbe Magnet würde durch tagelang fortgesetztes Zulegen sich noch um ein Bedeutendes steigern lassen, oder wenn man gar glaubt, er würde durch alltäglich fortgesetztes Zulegen geringer Gewichtsmengen dahin gebracht werden, daß seine Tragkraft immerfort und unaufhörlich wächst, so befindet man sich in einem großen Irrthum. Es ist eine Grenze da, welche nicht überschritten werden kann. Wohl wird bei so behutsamem Zulegen der Gewichte sich ein Unterschied herausstellen: der Magnet, welcher unter gewöhnlichen Umständen seinen Anker mit 20 Pfund Belastung fallen ließ, wird ihn bei lang fortgesetztem behutsamem Belasten erst mit 22 Pfund fallen lassen; allein dies liegt nicht in der Zeit, die man darauf verwendet hat, sondern in der Behutsamkeit, mit welcher man zu Werke gegangen und man würde bei derselben Behutsamkeit das Resultat in einer Viertelstunde erzielt haben, wozu man zwei Monate brauchte, — ein sicherer Beweis, daß es nicht ein mit der Zeit steigendes Zunehmen von Tragkraft war.

Streicht man ein Hufeisen bis zu einer gewissen Höhe, und reißt man nun den Anker ab, so verliert der Magnet sofort die Hälfte seiner Tragkraft, das Abnehmen des Ankers aber ist nöthig, weil man einen geschlossenen Magnet ja zu nichts brauchen kann, als um zu zeigen, so und so viel trägt derselbe. Uebergeben eines Magnets ohne vorherige wiederholte Abnahme des Ankers muß man ein Hintergehen des Käufers nennen.

Macht man sich aber Magnete zum eigenen Gebrauch und kann auf deren Vollendung warten, oder ist man ein Verkäufer solcher Magnete und hat Gelaß, um deren viele ungestört zu beherbergen, so wird man viel stärkere Magnete mit gleichen Mitteln auf folgende Weise erzeugen können.

Nach dem Streichen sieht man zu, bei welchem Gewichte der Anker abreißt. Nun streicht man nochmals und hängt etwas weniger als das erhaltene Gewicht an, läßt den Magnet mit dieser Belastung so lange als möglich hängen, jeder Tag, jede Stunde länger ist von Vortheil für die Befestigung des Magnetismus in dem Stahle, und ist es möglich, den Gebrauch des Magnets ein Jahr lang auszusetzen, so wird man finden, daß derselbe nunmehr nach dem Abnehmen des Ankers auch nicht weniger trägt als vorher, daß man ihm das abgenommene Gewicht zwar nicht auf einmal, doch nach und nach in einer Viertelstunde wird zulegen können,

was durchaus nicht gelingt, wenn man unmittelbar nach dem Streichen den Anker von dem Magnete trennt.

Die Beobachtung dieser Thatsache mag mißverstanden zu der Idee geführt haben, man könne nach und nach die Tragkraft des Magneten vergrößern, indeß es doch weiter nichts ist als ein Befestigen der im Augenblick des Streichens erregten wunderbaren Kraft.

Magnetisiren des weichen Eisens.

Nicht bloß der Stahl, sondern auch das weiche Eisen ist fähig, magnetisirt zu werden. Meine lieben Leser werden vielleicht sagen, das wissen wir schon lange! Allein ich erlaube mir, einen bescheidenen Zweifel dagegen auszusprechen.

Man lege eine Eisenstange von 1 Fuß Länge, 1 Zoll Breite und dem sechsten Theil der Dicke auf einen Tisch und magnetisire dieselbe eine Minute, eine Stunde, einen Tag lang: sowie man mit Magnetisiren aufhört, ist aller Magnetismus verschwunden bis auf einen sehr geringen Antheil, der genug ist, eine Magnetnadel anzuziehen und abzustoßen (nicht anziehen allein, dies thut auch unmagnetisirtes Eisen, sondern anziehen und abstoßen, was nur ein Magnet thut), der sich aber auch im Laufe einiger Tage so weit (nie ganz) verliert, daß schon eine sehr feine und empfindliche Nadel dazu gehört, in der Eisenstange noch die Polarität zu entdecken, allein sie ist da.

Ganz anders wird es, wenn man 4 Eisenstäbe in der Art zusammenlegt, wie S. 189 u. 190 mit 2 Stählen, 2 Eisenstäben beschrieben ist. Hier bildet sich ein geschlossener Kreis, in welchem der Magnetismus erweckt, circulirt, thätig bleibt (möge mir der gelehrte Kritiker verzeihen, wenn ich nicht den ihm genehmen Ausdruck treffe); wenn man diese 4 Stäbe ein Jahr so geschlossen liegen läßt, so werden alle diese nach dem Auseinandernehmen sich bleibend magnetisch zeigen.

Wenn man aber ein Hufeisen von Eisen (nicht von Stahl) mit vorgelegtem Anker streicht (ohne vorgelegten Anker wird man in gewöhnlichem Eisen nie etwas erzielen), dann sofort an den Anker Gewichte bis zum Abreißen bringt, danach abermals streicht und etwas weniger Gewicht als vorhin an den Anker und den Magnet hängt, dann dieses magnetische Eisensystem ein Jahr lang (oder länger, noch besser) sich selbst überläßt, so wird man nun auch das Eisen mehr dauernd magnetisch finden und erstaunen, welche bedeutende Kraft das Eisen nach dem Abnehmen des Ankers noch übrig behält.

Man findet hierin einen Beweis für die Ansicht, daß der Magnetismus in der Anordnung der kleinsten Theile seinen Grund haben dürfte, im Eisen so beweglich, daß sie sich sofort nach dem Verlangen des Magnets richten, aber auch in ihre Lage zurückkehren, wenn der Einfluß des Magnets aufhört; im Stahl und im oxydirten Eisen, ferner im Nickelmetall sind die kleinsten Theilchen nicht so leicht beweglich, diese Metalle müssen öfter gestrichen werden, wenn sie den höchsten Grad der magnetischen Kraft annehmen sollen, allein eben weil sie schwerer beweglich sind, behalten sie die ihnen aufgedrungene Anordnung ihrer kleinsten Theile, d. h. sie behalten den Magnetismus, auch wenn die Einwirkung des Magnets aufgehört hat.

Größe und Behandlung des Ankers.

Von einer größeren Wichtigkeit als man wohl glaubt, ist die Handhabung des Ankers. Daß dieser so groß wie möglich sein müsse, ist schon berührt worden. Es ist ein ganz unnützes und zweckwidriges Sparsystem, wegen eines Groschens, den das Pfund Eisen kostet, lieber nur einen Anker von 6 Loth zu nehmen, der (vermöge des Arbeitslohnes, welches sich fast gleich bleibt) nur 10 Groschen kostet statt 11, als einen Anker von 1 Pfund, der das Dreifache, Vierfache tragen würde. Es sind hierüber sehr durchgreifende Versuche gemacht, so daß die Sache an sich keinem Zweifel mehr unterliegt.

Allein es handelt sich hier vorzugsweise darum, wie man mit dem Anker umgehen müsse.

Das Abreißen desselben von dem Magnet ist unter allen Umständen nachtheilig für den Magnet, man muß ihn abziehen, abschieben, d. h. man muß, wenn der Magnet vor dem Experimentator so liegt, daß er die beiden Schenkel mit dem davor liegenden Anker gerade gegen den Experimentator kehrt, den Anker rechts oder links zur Seite schieben, so daß, wenn am Anfange beide Pole des Hufeisens den Magnet berührten, nach und nach anderthalb Pole, ein- und ein Zwölftheil Pole darauf haften, dann nur einer, und nun das Eisen an diesem einen vorbeigleitet, bis es ganz von demselben getrennt ist.

Auf solche Art beschädigt man einen wiederholt gebrauchten Magnet nicht im Geringsten durch das Abnehmen des Ankers, während das Wackeln und Wiegen daran und das selbst behutsame Abnehmen, so lange noch beide Pole mit demselben in Berührung sind, immer ein gewaltsames und den Magnet benachtheiligendes ist.

Zurückschieben des Ankers.

Es giebt noch eine Art, den Anker abzunehmen, welche leider sehr gebräuchlich ist und zwar besonders unter vermeintlich recht klugen und vorsichtigen Leuten. Diese Art ist die allerübelste, die es giebt, sie schwächt nicht nur, sie ruinirt den Magnet vollständig; es ist die Art des Rückwärtsziehens.

Wenn man den Magnet vor sich liegen hat, so daß die geöffneten Schenkel nach der linken Seite, die schließende Rundung nach der rechten Seite sehen und man nimmt den links vorliegenden Anker, führt ihn langsam von den Polen nach der Biegung zurück, so ist dies die Bewegung, welche viele Leute für die beste Art des Abnehmens halten; — es ist auch diejenige, mit welcher man, wenn der Anker bei dieser Art des Entfernens über beide Schenkel des Magnets berührend hinwegstreicht, den Magnet seiner Kraft völlig berauben kann. Streicht man nämlich auf diese Weise ein halbes Dutzend Mal von den Polen zurück nach der Biegung, so ist die magnetische Kraft bis auf ein geringes Ueberbleibsel zusammen gesunken und man möge ja nicht glauben, daß man durch eben so viele umgekehrte Striche (oder durch zehn Mal so viele) von der Biegung nach den Polen zu, die alte Kraft wieder erwecken könne, der Magnet bleibt verdorben, bis er durch regelrechtes Streichen wieder empor gebracht wird.

Der in diesem Werke bereits genannte Magnetiseur Keil machte seinen Zuhörern in den verschiedenen Städten, welche er bereiste, um seine Magnetisirungsmethode zu verwerthen, ein Kunststückchen vor, welches beweisen sollte, daß Rückwärtsstreichen mit dem Anker den Magnetismus aufhebe (dies ist richtig), Vorwärtsstreichen aber den Magnetismus, welcher verloren oder aufgehoben worden, wieder ersetze, und es gelang ihm persönlich mit seinem Magnete durch eine Täuschung des Sehorganes auch vollkommen. Allein keinem seiner Zuhörer ist das Letztere gelungen, obschon es nach dem sehr durchgreifenden Gesetze der Reciprocität wohl eigentlich so und nicht anders sein müßte; wie aber die Praxis sehr Vieles ganz anders finden läßt als die Theorie angiebt, so auch hier.

Keil hatte sehr starke Magnete, er fuhr mit dem Anker auf einem Hufeisen von den Polen nach der Biegung zu dem Indifferenzpunkte zurück und zeigte, daß die Kraft dadurch bedeutend abgenommen habe, indem er den vorgelegten Anker mit leichter Mühe abhob; nun strich er wieder von dem Indifferenzpunkte nach dem Pole zu und darauf zeigte er, daß der Anker nunmehr mit viel größerer Kraft von dem Hufeisen gehalten wurde!

Er zeigte! Keiner seiner Zuhörer hat das Hufeisen vor oder nach dem betreffenden Experimente in der Hand gehabt, um sich zu überzeugen, ob der Anker jetzt mehr oder weniger festgehalten wurde; man mußte glauben, was der gute Mann sagte und man glaubte, denn man glaubte zu sehen! Wer aber mit der Art zu experimentiren, welche Herrn Keil eigen (und welche wohl eines Professeur de la physique amusante, aber nicht eines Gelehrten würdig), bekannt war, der sah, wie beim Rückwärtsstreichen der Anker nur einen Schenkel des Hufeisens berührte, indeß der andere Schenkel vor der Berührung mit dem Eisen durch den um eine Linie weit vorgeschobenen Finger geschützt war, mithin der Magnet nicht rückwärts gestrichen und also auch nicht abgeschwächt wurde, was auch Herr Keil gar nicht beabsichtigte.

Ein ähnlicher Kunstgriff wurde bei dem scheinbar leichten Abreißen des Ankers von dem Hufeisen angewendet.

Bei dem Vorwärtsstreichen ging Alles ehrlich zu, und der nicht abgeschwächt gewesene Magnet (der jedoch für einen solchen galt) zeigte nunmehr eine bedeutende Kraft, er hieß restaurirt.

Der Verfasser nahm sich die Freiheit, dem würdigen Manne diese Kunstgriffe vorzurücken, darauf ließ er sehr beleidigt den Verfasser das Rückwärtsstreichen selbst machen, welches den oben beschriebenen Erfolg hatte; dann, bei dem Vorwärtsstreichen, vertauschte er den geschwächten Magnet mit einem anderen sehr kräftigen, doch nicht geschickt genug, daß nicht mehrere Personen der Gesellschaft es gesehen hätten und er entschuldigte sich dann mit einem zufälligen Irrthum, blieb jedoch in Folge dieses Irrthums den Beweis, daß Vorwärtsstreichen den aufgehobenen Magnetismus wieder ersetze, seinen Zuhörern schuldig.

Abnehmen der Gewichte vom belasteten Magneten.

Die geheimnißvolle Kraft, von welcher wir bisher gesprochen, hat ihre eigenthümlichen Gesetze, welche ihr abzulauschen die Aufgabe des Experimentators ist.

Zu diesen Eigenthümlichkeiten gehört zweifelsohne der soeben behandelte Verlust von Magnetismus beim Rückwärtsstreichen ohne Magnet, mit einem bloßen Stück Eisen; vielleicht aber noch mehr der gewaltige Verlust an Kraft beim plötzlichen Abheben aller Gewichte.

Wenn ein Stahlhufeisen frisch gestrichen ist und es trägt bequem 20 Pfund, so trägt es nicht viel mehr als 10 Pfund, wenn man den

Anker seitwärts abzieht (nicht abreißt, welches uns als ein Schwächungsmittel schon bekannt ist).

Hat man ein Hufeisen so gestrichen und die 20 Pfund — in einem Stück oder zusammengebunden in einer Schlinge — an den Haken des Ankers gehängt und das Hufeisen trägt dieselben mit sichtbarer Leichtigkeit, d. h. beginnt der Anker noch nicht zu wanken, würde man noch mehr (wenn auch nicht viel) Gewichte dazu legen können, bevor der Anker sich von dem Hufeisen trennte, nimmt nunmehr aber bei geschlossen bleibendem Anker die ganze Masse der Gewichte auf einmal von dem Haken hinweg, und versucht dasselbe Gewicht wieder anzuhängen, so wird sofort der Anker durch eben dieses Gewicht, welches der Magnet vorhin ganz leicht trug, abgerissen.

Dieser merkwürdige Erfolg tritt gar nicht ein, wenn man die Gewichtmasse nicht aus einem Stück, sondern aus vielen kleineren bestehen läßt, ein jedes derselben mit einer besonderen Schleife versieht und diese Gewichte, sowie man sie nach und nach angehängt hat, auch allmählig wieder abnimmt. Die Thatsache ist: daß plötzliches Abheben des ganzen Gewichtes bei geschlossen bleibendem Anker auf den Magnet gerade so wirkt, wie Abreißen des Ankers selbst.

Es ist dem Verfasser nicht recht klar, was hierbei vorgeht, um so weniger als bei alten, vielfach gebrauchten Magneten diese Erscheinung nicht beobachtet wird, allein in seiner Jugend hat der Verfasser hiermit viel zu kämpfen gehabt, bevor er hinter die eigenthümliche Caprice des Magnetismus kam. Es wurde z. B. ein 2pfündiges Hufeisen so weit gebracht, daß es ganz gut ¼ Centner trug. Geheimrath Hermbstädt oder Dr. Seebek, gütige Freunde des damals sehr jungen Mannes und freundliche Beförderer seines Bestrebens, mußten natürlich von solchem Ereigniß unterrichtet werden. Der ¼ Centner ward abgehoben, das Hufeisen sauber eingewickelt und zu dem Einen oder dem Anderen getragen.

Bei dem mit großer Ruhmredigkeit entwickelten Erfolge erzählend stehen zu bleiben, gefiel dem neugebackenen Docenten der Physik nicht; das Hufeisen wurde vorgewiesen, die Abnahme des Ankers gehorsamst verbeten, nunmehr das versprochene Kunststück gezeigt: ¼ Centner, vom nächsten Materialisten herbeigeschafft, sollte den Triumph des Magnetiseurs vollenden — doch kaum mit dem Anker in Berührung, fiel Beides, mitunter nicht ohne große Gefahr für die Füße des Versuchenden, zu Boden, Ruhm und Stolz des Verfassers mit sich in seinen Fall hinabreißend!

Ein solcher Uebelstand trat niemals ein, wenn die Gewichte einzeln abgenommen wurden, — ein Erfolg, der sich jedoch erst nach langer Zeit unter

vielfältigen vergeblichen Manipulationen ergab, da er nicht so klar vor Augen liegt als der Leser jetzt, wo er von der Sache die nöthige Kunde hat, wohl glauben mag.

Beschaffenheit der Oberfläche des Stahles.

Jetzt, wo man durch eine später zu berührende, wunderbare Kraft die Mittel hat, sehr starke Magnete zu machen, sieht man noch weniger als sonst auf die sorgfältige Behandlung der Oberfläche der Stahlhufeisen. Abgeschmiedet, an den Seiten und Kanten befeilt, dann gehärtet, nunmehr auf den Kanten wohl aber nicht mehr auf den Flächen geschliffen und polirt, denn diese werden ja nicht gesehen, behalten die Hufeisen, wenn sie zu Magazinen verwandt werden sollen, eine ganz rohe Oberfläche, auf welcher sogar der Glühspahn sitzt; denn die meisten Stahlschmiede kennen nicht einmal das Mittel, den Glühspahn gar nicht entstehen zu lassen. Derselbe besteht aus der Oxydschicht, welche sich durch das Glühen im offenen Raume (unter Zutritt des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft) jederzeit bildet. Es kommt also darauf an, dieser Luft den Zutritt zu verwehren, und dies geschieht, wenn man den Stahl, bevor er in das Feuer gelegt wird, mit trockner Seife sorgfältig bestreicht, so daß keine Stelle übrig bleibt, welche unbestrichen wäre. Unter dieser Vorsicht geglühter und gehärteter Stahl ist blank und rein und erfordert nur noch die Polirscheibe, nicht mehr den Schleifstein oder die grobe Schmirgelscheibe.

So findet man den Stahl gewöhnlich aber nicht behandelt, sondern er sieht roh befeilt (mit der gröbsten Armfeile) und schwarz mit Schuppen bedeckt aus.

Bei dem Magnetisiren kommt es darauf an, daß der streichende Magnet den Stahl unmittelbar berühre; dies findet nicht statt, wenn der Glühspahn darauf sitzt, es ist als ob man zwischen den streichenden Magnet und den Stahl, der gestrichen werden soll, ein Blatt Papier legt. Wenn uns der Mechanikus sagt, dies thue nichts, dies schade nichts, so versteht er seine Kunst sehr schlecht; wenn er aber die Einwendung macht, bei so geringen Preisen könne er nicht auch noch alle Seiten schleifen lassen, so thut er höchst unrecht, sich nicht lieber noch ein paar Groschen mehr geben zu lassen, als schlechte Waaren abzuliefern.

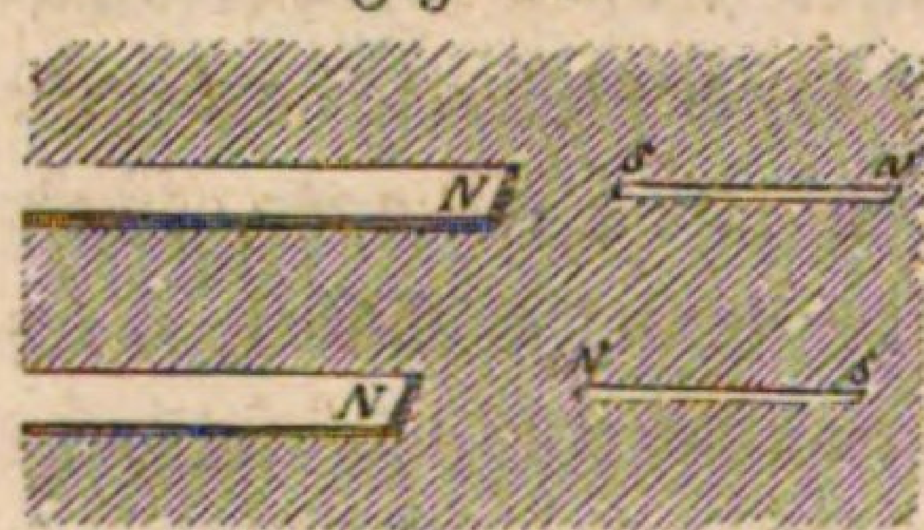
Das Magnetisiren gelingt nicht ordentlich, wenn die Oberfläche des Stahles nur fett, ölig ist, wieviel weniger kann sie gelingen, wenn eine Oxydschicht darauf liegt. Meine Leser mögen also darauf halten, daß bei denjenigen magnetischen Magazinen, welche *sie sich machen lassen*, die

sämmtlichen Oberflächen aller, und wenn deren zehn wären, die auf einander liegen, sehr rein ausgefeilt sind, mit Bastard- und Schlichtfeile, bevor sie gehärtet werden, und daß sie nach dem Anlassen geschliffen, wenn auch nicht polirt, doch mit trocknem Schmirgel vollkommen gereinigt werden. Die viel größere magnetische Kraft, welche dieselben annehmen, wird die darauf verwendete Mühe oder die Kosten derselben reichlich belohnen.

Schwächung und Umkehrung der Polarität.

Wenn Magnete sehr verschiedener Stärke mit einander in Berührung gebracht werden, so können zwei ganz entgegengesetzte Erfolge daraus hervorgehen. Es kann der schwächere der beiden Magnete durch die Berührung an Kraft gewinnen, es können aber auch seine Pole umgekehrt werden.

Fig. 80.



Gesetzt N der Fig. 80 sei der Nordpol eines Magnets, welcher 100 Pfund Tragkraft habe. Ein Stab von Stahl sn, gut magnetisirt, werde ihm in der Lage, welche die obere der beiden Figuren zeigt, genähert bis zur Berührung, so wird der kleine Stahlstab dadurch bedeutend an Kraft gewinnen. Die Berührung ist im Sinne der Freundschaftlichkeit, der Ungleichnamigkeit geschehen, s des kleinen Magnets wird noch stärker südlich werden als es vorhin war, n noch stärker nördlich.

Stehen die Sachen aber anders, kehrt der kleinere Magnet dem größeren die gleichnamige Seite zu, wie die untere Figur zeigt, so verjagt dieser größere den gleichnamigen Magnetismus seines Nachbarn bis an das Ende s und zieht den ungleichnamigen Magnetismus, den sich freundschaftlichen, so nahe als möglich an sich heran nach n, so daß die bisher richtige Bezeichnung des kleineren Stabes nun plötzlich unrichtig wird.

Plötzlich? Dies ist wohl nicht der richtige Ausdruck, es ist ein ganz allmähliger Uebergang, allein es wird nur plötzlich bemerkt. Zuerst wird der vorhandene Magnetismus des kleineren Stabes schwächer und zwar nach und nach in einem solchen Grade, daß er seine Tragkraft ganz verliert.

Denkt man sich, bevor ns dem N genähert wurde, an s ein Pfund schweres Stück Eisen hängend, so wird bei der Annäherung von n an N dieses Pfund dem Stabe bald zu schwer werden, er nur ½, dann nur ¼ Pfund tragen, nun wird er kaum noch einen Schlüssel halten und endlich verliert er seine Kraft ganz.

Treibt man die Annäherung von n an N noch weiter, so wird die Seite s wieder etwas, dann mehr und immer mehr tragen, bis n und N

in Berührung sind und *s* jetzt vielleicht 2 Pfund trägt, die es jedoch beim Entfernen von *N* nicht mehr tragen kann, sondern fallen läßt.

Hat man *N* von *n* zurückgezogen, etwa als der Stab *ns* noch einen Zoll weit von *N* entfernt war, so tritt Alles in seinen früheren Stand zurück, es ist eine vollständige restitutio in integrum, wie ein Jurist sagen würde, der Prozeß ist noch nicht verloren, es kann vor derselben Instanz noch einmal zum Spruch kommen.

War jedoch Berührung vorhanden, kam *n* wirklich an *N* so nahe, daß sie, wenn auch nur einen Augenblick, an einander hafteten, so ist der neue Stand der Dinge eingetreten, *N* hat sich in *ns* einen ihm entsprechenden Zustand gesetzt, hat es in *sn* verwandelt; es ist der Stab bezeichnet wie die untere Figur, er ist aber thatsächlich magnetisch wie die obere Figur, d. h. seiner Bezeichnung entgegengesetzt.

Es findet dies in geringerem Grade statt mit je zwei Magneten von sehr verschiedener Stärke; wenn sie mit den ungleichnamigen Polen zusammenkommen, so verlieren sie nichts an ihrer respectiven Stärke, wenn sie aber mit den gleichnamigen Polen zusammenkommen, so findet jederzeit eine bemerkbare Schwächung des geringeren statt.

Wirkung der freundlichen und feindlichen Pole auf einander.

Das in dem vorigen Abschnitt Gesagte ist für die Anfertigung von Magazinen wohl zu beherzigen. Gewöhnlich verfährt man dabei auf folgende Weise:

Man läßt sich so und so viel Stäbe oder Hufeisen, als man nun gerade zusammen legen, zu einem Magazin vereinigen will, gleich groß schmieden, feilen, härten, anlassen, richten ꝛc. Nun werden sie alle magnetisirt und dann auf einander gelegt, das Zweite auf das Erste, das Dritte auf das Zweite und so fort, bis das Letzte auf dem Vorletzten liegt.

Wäre es weiter nichts als das, so könnte man sehr ruhig sein, allein es wird keineswegs das Letzte auf das Vorletzte, sondern es wird auf alle andern zusammen genommen gelegt, es tritt also der vorhin betrachtete Fall ein: man bringt einen schwachen ($^1/_1$ Kraft habenden) Magnet an einen sehr starken (an einen Verein von $^6/_1$ oder $^7/_1$, wie viel es nun gerade sind) und die natürliche Folge wird sein, daß zuerst der sechs- oder siebenfach stärkere Magnet den schwächeren noch mehr schwächt, ihm seine Kraft ganz raubt und zuletzt ihn gar umkehrt.

Dies ist nicht die Grenze der üblen Folge, wir müssen sehen, was daraus entsteht.

Zwei Magnete von gleicher Kraft sind zu dem folgenden Experiment nöthig. Selten läßt man sich einen Magnetstab machen, gewöhnlich hat man deren zwei und diese sind gewöhnlich gleich stark, wenigstens in den Grenzen, wie wir sie gleich stark brauchen. Man versucht, was einer der Stäbe trägt: wir wollen annehmen es sei 1 Pfund.

Liegt der eine Stab auf einem Tische, so daß von seinem Pole ½ Zoll über die Tischplatte hinaus steht und hält man ein parallelpipedisch geformtes Stück Eisen von dem gedachten Gewicht an diesen vorstehenden Pol, so wird dasselbe mit Leichtigkeit erfaßt und gehalten.

Dasselbe wird unter der Voraussetzung, daß beide Magnetstähle gleich stark sind, mit dem andern auch der Fall sein.

Legt man nun beide Magnetstähle mit ihren gleichnamigen Polen zusammen, so bemerkt man, daß jetzt ein solches Stück Eisen nicht nur mit viel größerer Kraft gehalten wird als vorher von dem einzelnen Magnetstabe, sondern daß ein viel größeres Stück Eisen, das beinahe 2 Pfund in einem Stück hat, durch die vereinten Stäbe getragen wird.

Auf dieser Verstärkung eines Magnets durch einen andern beruht eben die Möglichkeit, magnetische Magazine zu machen.

Man kehre den Versuch jetzt dahin um, daß, nachdem der eine Stab die ihm nicht beschwerliche Last von 1 Pfund angehängt erhalten hat, man mit dem zweiten Magnetstab sich dem ersten so nähert, als ob man beide mit den freundschaftlichen Polen, d. h. Süd auf Nord und Nord auf Süd, auf einander legen wollte.

Sowie man mit einem freundschaftlichen Pole nur in eine gewisse Nähe des anderen Magneten kommt (es darf gar nicht bis zur Berührung gehen), so läßt dieser seine bis dahin gehaltene Last fallen, und so lange der freundschaftliche Pol in der Nähe verweilt, ist es unmöglich, ihm die Last wieder anzuhängen, ja wenn der zweite Magnet auf den liegenden in dem gedachten Sinne gelegt wird, so daß beide Paare freundschaftlicher Pole auf einander liegen und die Magnetstäbe sind erstens gut gearbeitet, so daß sie ihrer ganzen Länge nach auf einander passen und sich decken, und sie sind zweitens wirklich gleich stark, so heben sie sich gegenseitig so vollständig auf, daß gar keine Wirkung nach außen mehr übrig bleibt.

Es könnte nämlich nur eine Wirkung nach außen insofern stattfinden, als eine Differenz in der Stärke beider vorhanden wäre; zöge der eine 32 Loth, der andere aber 33, so würden beide in der gedachten Art vereint nur 1 Loth zu tragen vermögen; da aber beide Stäbe als gleich angenommen werden, so ist keine Differenz und also keine Tragkraft vorhanden, die beiden gleichgestimmten Freunde beschäftigen sich so vollständig mit ein-

ander, daß sie ganz und gar gegenseitig in einander aufgehen, daß es keine Außenwelt mehr für sie giebt, ein unter Magneten häufig und unter den Menschen sehr selten vorkommender Fall, wiewohl der früher betrachtete, wo zwei Feinde, die sich gegenseitig auf das Entschiedenste fliehen, wenn sie freien Spielraum haben, beim Zusammensein sich gegenseitig mit ihrer vollen Kraft unterstützen, wohl noch seltener vorkommen dürfte.

Das Zusammenlegen zu einem Magazin.

Gehen wir zurück auf die magnetischen Magazine, so ergiebt sich aus dem Angeführten eine Lehre, wie die Magnetstangen oder Hufeisen zu Magazinen vereint werden sollen.

Legt man den zweiten Magnet auf den ersten und geht noch einen einzigen Schritt weiter, so legt man schon nicht den dritten auf den zweiten, sondern auf zwei vereinte, also auf einen doppelt so starken!

Daraus wird schon eine Schwächung des dritten hervorgehen, und diese Schwächung wächst mit jeder neuen Lage, bis ein Zeitpunkt kommt, wo die Schwächung des hinzugekommenen in eine Umkehrung übergeht, die bisherigen Magnete wachsen (wenn wir annehmen, jeder hätte einzeln vier Pfund getragen) bei der ersten Vereinigung zu 8 Pfund Tragkraft, beim Zulegen des dritten verlor dieser schon 1 Pfund, es blieben als Summe 11 statt 12. Bei einem neuen vierten Blatt verliert dieses durch den sehr viel stärkeren Magnet aus 3 Blättern wenigstens 2 Pfund, die Kraft des Magazins wird also nur noch um 2 Pfund vermehrt, es trägt 13 Pfund statt 16.

Der Magnet ist jetzt schon so stark, daß er von dem nächsten fünften Blatt kaum noch 1 Pfund Tragkraft übrig läßt, die Vermehrung des Magazins steigt also von 13 auf 14. Das nächste Blatt wird aber gar umgekehrt: es verliert zuerst allen ihm gegebenen Magnetismus und dann wird es von dem fünfplattigen Magazine in seinem Sinne magnetisirt. Nord hat man an Nord anzulegen gemeint, Süd ist daraus geworden.

Ist nun noch an eine Vermehrung zu denken? Gewiß nicht. Was aber geschieht dann? Durch die Hinzufügung des neuen Magnets an das Magazin, aber nicht mit den feindlichen, sondern mit den freundschaftlichen Polen (die der starke Magnet sich selbst in dem neuen einzelnen Blatt gesetzt hat), wird die Kraft des Magazins nicht zu einer Summe erhoben, sondern auf eine Differenz vermindert.

Bis hieher hatte man nur den Schaden, die Summe nicht in der Art steigen zu sehen als man hoffte, statt 4 + 4 + 4 + 4 + 4 werden

4 + 4 + 3 + 2 + 1 daraus, d. h. statt 20 nur 14, aber jetzt kommt eine neue Vier mit entgegengesetzten Zeichen dazu, also 4 + 4 + 3 + 2 + 1 — 4 oder 10 statt der gehofften 24.

Wer sich mit Verfertigung von vielfachen, vielblättrigen Magneten abgiebt, wird immer finden, daß die Steigerung der Kräfte durchaus nicht in der Art vor sich geht, wie man vermuthen sollte, sondern daß sie in einer sehr schnell abnehmenden Reihe wächst und daß eine Grenze nicht fern liegt, jenseits welcher allezeit Schwächung eintritt. Das hier in Zahlen angegebene Beispiel ist zwar um etwas zu grell, jedoch keineswegs soviel, daß man es als Beispiel verwerfen könnte.

Es wäre nun wohl die Frage, ob diesem Uebelstande denn nicht abgeholfen werden könne und darauf muß mit Ja geantwortet werden; wenn man das große Geheimniß einmal weiß, wundert man sich, daß man nicht selbst und nicht lange darauf gekommen ist.

Bei einem Hufeisen von vier Blättern lege man je zwei und zwei zusammen, man bringt dabei vorläufig ganz gleiche Kräfte zu einander, um bei dem vorhin aufgestellten Beispiel stehen zu bleiben, vier zu vier. Man hat nunmehr zwei Paare, ein jedes zu 8 Pfund Tragkraft.

Diese Paare bringt man zu einander und hat so wieder gleiche Kräfte, hängt zwei Magnete von 8 Pfund Tragfähigkeit zusammen, denn es ist nicht einzusehen, warum sie sich gegenseitig so bedeutend schwächen sollten, sie tragen alle vier, wenn nicht 16 Pfund, doch sehr nahe daran!

Will man nun noch weiter gehen, so muß man diese Zahl wieder verdoppeln, man bringt von vier gleichen, zu den anderen gehörigen Magneten, wieder einen zu einem, dann zwei zu zweien und man hat nunmehr zwei gleich starke Magazine von je vier Platten, diese legt man zusammen zu einem Magazin von acht einzelnen Hufeisen, womit man so ziemlich das Stärkste heben wird, was man gewöhnlich braucht.

Soll die Vermehrung der Kraft weiter getrieben werden, so ist es vorzuziehen, wenn man die Hufeisen vergrößert, statt ihre Zahl zu vermehren. Das angeführte Zahlenbeispiel ist überhaupt nur der leichteren Uebersicht wegen gewählt worden, Hufeisen von 4 Pfund Tragkraft wird Niemand zu Magazinen zusammenlegen, denn man kann einzelne Magnetstähle machen, die das Achtfache tragen, was jedenfalls viel zweckmäßiger ist, weniger Mühe und geringere Kosten macht als das Aufhäufen von acht einzelnen von so geringer Kraft.

Nimmt man aber 8 Hufeisen von 2 bis 2½ Pfund Gewicht und von gutem, Magnetismus leicht annehmendem Stahl, so kann jedes derselben sehr wohl auf eine Tragkraft von ¼ Centner gebracht werden und dem

Verfasser ist es gelungen, aus vier solchen ein Magazin zusammenzusetzen, welches wirklich einen Centner trug.

Daß die oben ausgesprochene Ansicht des Verfassers nicht auf Träumereien beruhe, geht erstens daraus hervor, daß die Magazine wirklich bei weitem nicht ihrer Größe angemessene Lasten tragen; zweitens daraus, daß man beim Auseinandernehmen solcher schwacher Magazine findet, daß die äußersten Lamellen (diejenigen, welche an den beiden Seiten gelegen haben) fast immer eine entgegengesetzte Polarität haben als diejenige ist, welche ihre Beziehung angiebt.

Ungewöhnlich große Magazine.

Es ist begreiflich, daß die angegebene Zahl, vier bis acht Hufeisen (oder Stangen, welche gerade sind), keineswegs als diejenige zu betrachten ist, über welche hinaus man nicht gehen dürfte, nur ist es immer zweckmäßig, auf die angegebene Weise zu verfahren, weil man sonst leicht bedeutende Mühe und Kosten zwecklos verwendet.

Bei einer Kunstausstellung in Stuttgart sah der Verfasser einen eisernen Tisch, dessen Fuß rund, breit, von Gußeisen, eine Lyra trug, welche an Stahl 1¾ Centner wog. Diese Lyra war ein Magnethufeisen, aus fünf Platten zusammengesetzt, welche das eiserne, auf der Oberfläche schön lackirte Tischblatt, gerade so groß wie ein elegantes Nähtischchen für eine Salondame sein müßte, trug, ohne daß es angeleimt war, an dem Fuße. Dies war der Eierkuchen, deswegen ein so großer Lärm gemacht worden — dies war die Maus, wegen der ein Berg in's Kreisen gerathen. Die Lyra war das magnetische hufeisenförmige Magazin, auf dessen Pole die Tischplatte lag, allerdings so außerordentlich fest, daß ein junger Mann von nicht ungewöhnlichen Kräften sie nicht abheben konnte, allerdings so fest, daß es dem Verfasser, der diesen Magnet im Privatbesitz des Hofzahnarztes Bopp sah (welcher hoffte, damit Zähne schmerzlos ausziehen zu können, vermöge des Eisengehaltes im Blute des Menschen — was soll man zu solchem Unsinn sagen?), nur mit einer gewissen Anstrengung gelang, die Tischplatte abzuheben, aber doch gelang, denn sie wurden mit 130 Pfund Kraft angezogen, indeß das magnetische Hufeisen 175 Pfund wog.

Nun, hierbei kann man schon sagen: „quel bruit pour une omelette!“ denn um eine Tischplatte mit 130 Pfund Kraft an den Fuß festzuhalten, braucht man nicht für 100 Thaler Stahl, Schmiedearbeit, Magnetisirung u. s. w. sondern für 2 Pfennige kölnischen Leim.

Ein Anderes ist es mit einem Magazin, wie es z. B. von dem

Engländer Knight zu wissenschaftlichen Zwecken angefertigt wurde. Man kann Magnete haben wollen von einer ganz ungewöhnlichen Kraft, und solche waren es, die er sich verschaffte. Ob er nicht auf einfachere, minder kostspielige Weise dazu hätte gelangen können, wenn er die Hufeisenform gewählt hätte, ist etwas Anderes, allein, was er auf die vielleicht nicht zweckmäßigste Art erlangte, war ungeheuer.

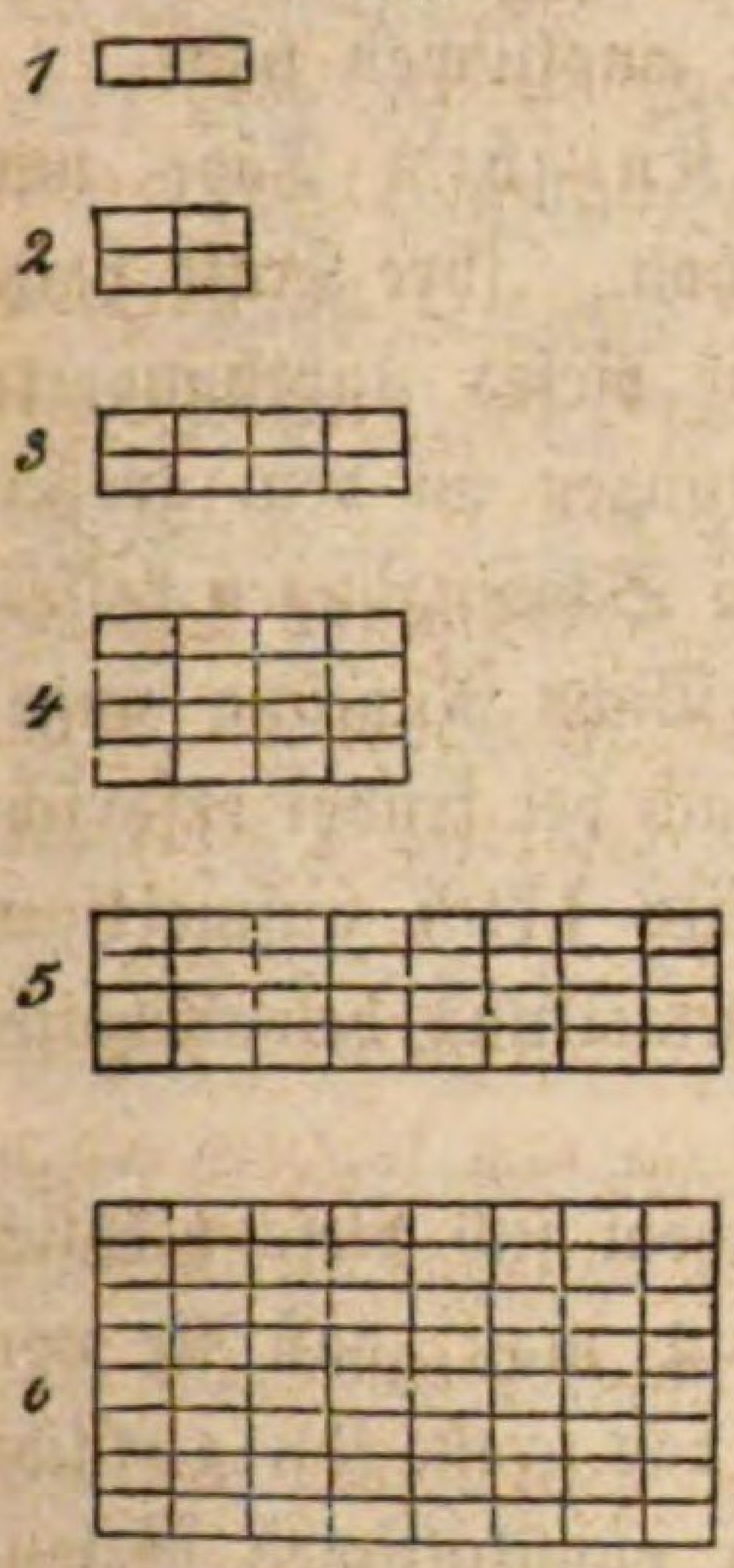
Seine beiden zu einem einzigen vereinbaren Riesenmagnete bestanden aus 480 geraden Stäben von englischem Stahl (leider also dem schlechtesten zu magnetischen Apparaten), jeder wog 2 engl. Pfund und war 2 Fuß lang. Dicke und Breite war natürlich bei allen ganz gleich.

Die Stäbe waren alle paarweise auf das Stärkste magnetisirt. Knight wendete den Doppelkreisstrich an, brauchte die Vorsicht mit kleinen magnetischen Magazinen, Stäbe zu magnetisiren, aus denen er größere Magazine bilden wollte, mit diesen stärkeren Magazinen abermals größere Stäbe zu magnetisiren, aus denen noch viel größere Magazine zusammengelegt wurden und erst mit diesen die Stäbe zu streichen, welche bestimmt waren, seine Riesenmagnete zu bilden. Wir haben bereits erfahren, daß dies eine überflüssige Mühe ist! Als Versuch, als Mittel, sich von der Wahrheit eines solchen Satzes oder eines anderen zu überzeugen, ist sie gewiß nicht ohne Verdienst; allein sobald man ein „genereuses" magnetisches Magazin hat, sind Vergrößerungen überflüssig, eben weil es nicht auf die Kraft ankommt, sondern auf die Fähigkeit, in anderem Stahle Magnetismus zu erwecken und diese Fähigkeit keineswegs gleichen Schritt hält mit der dem Streichmagneten innewohnenden Tragkraft.

Auf welche Weise Knight die Magnetstäbe zusammenlegte, ob wie vorhin beschrieben oder auf andere Weise, ist zweifelhaft. Im Ganzen wurden 2 ungeheure Stäbe von 8 Fuß Länge, 1 Fuß Breite und ½ Fuß Dicke, daraus jeder derselben bestand, aus 4 Stößen zweifüßiger Magnete von 60 einzelnen Stäben gebildet. Wäre die obige Regel von Knight befolgt worden, so hätte jeder Stoß der Stäbe 64 enthalten müssen, sie wären dann zuerst zu 1 und 1, zu 2 und 2, dann zu 4 und 4, zu 8, zu 16, zu 32 zusammengelegt worden und endlich hätte man zwei solche Zweiunddreißiger zu einem Vierundsechziger vereinen können. Ihre Polansicht wäre dann für 1 und 1 die erste, für 2 und 2 die zweite, für 4 und 4 die dritte und so fort gewesen, wodurch sich sogleich die unerläßlich nöthige Schichtung ergäbe. Da der Stäbe in jedem Stoß 60 waren, so sieht man übrigens hieraus sogleich, daß er es nicht gerade so gemacht hat.

Da solcher Stöße von 60 Stück in jedem Gesammtmagneten vier waren, so ist es übrigens wohl möglich, daß er es in dieser Hinsicht

Fig. 81.



wenigstens auf die richtige Weise gemacht. Daß sonst die vernünftige Anordnung nicht befolgt oder die einzelnen Stäbe nicht sehr stark magnetisirt waren, geht aus den Leistungen hervor, welche von diesen Magneten bekannt sind. Zwar hat man leider ihre Tragkraft im Einzelnen oder verbunden nicht nach Pfunden angegeben, allein soviel wenigstens weiß man, daß ein starker Mann, ein Tagelöhner, außer Stande war, den Anker von einem Stabe abzureißen, was, wenn es auch einigen hundert Pfunden Gewicht gleich kommen möchte, übrigens nicht viel bei so enormen Magnetmassen ist.

Die vier Stöße lagen auf einer sehr starken Bohle mit hohem Rande, sie waren durch messingne Klammern so mit einander verbunden, zusammengepreßt, daß es unmöglich war, einen Stab einzeln herauszuziehen, daß also die Gesammtmasse auf das dargebotene Eisen oder den ebenso herangebrachten Magnet wirkte.

Die Bohle lag in der Mitte auf einer sehr starken Axe, die sich auf ein Rädergestell stützte, vermöge dessen jeder der einzelnen Magnete mit ziemlicher Leichtigkeit von Ort zu Ort gebracht werden konnte. Um aber den Magneten selbst eine beliebige Stellung geben zu können, war an der Bohle, welche die Magnete trug, ein sehr starker Gradbogen angebracht, welcher durch eine Schraubenklammer ging, solchergestalt, daß man, wenn die Bohle auf- oder abwärts geneigt wurde, es in seiner Gewalt hatte, die ganze Stabmasse in der beliebten schrägen Lage festzuhalten.

Näherte man einen Stahlstab diesem Magazine bis zur Berührung, so ward er dadurch in einem Augenblicke magnetisch; näherte man einen fertigen Magnet dem Magazine in verkehrter Art, so daß z. B. die beiden Nordpole des Magazins und des Stabes an einander gelegt wurden, so erhielt man eine vollständige Umkehrung, dergestalt, daß aus dem Nordpol ein Südpol wurde. Die so erhaltenen Magnete waren außerordentlich stark, und waren selbst im Stande, den Magnetismus anderer weniger kräftiger Magnete umzukehren, ja Knight hat sogar bedeutende Stücke natürlichen Magneteisensteines mit seinen Magazinen umgekehrt.

Was beide Magazine vereint als Hufeisen geleistet haben, ist nirgend berichtet, vielleicht niemals versucht worden; das aber berichtet Knight,

daß er sein ganzes Leben zwischen diesen colossalen Magneten zugebracht und nie die allergeringste Wirkung auf seinen Körper empfunden habe.

D. Fothergill erhielt diese Magnete nach Knight's Tode und schenkte dieselben der physikalischen Gesellschaft in London. Ihre Kraft hatte damals (1776) schon sehr abgenommen. Am Anfange dieses Jahrhunderts kam man bei einer allgemeinen Revision der Beobachtungen an dem großen Declinatorium auf die merkwürdige Thatsache, daß die Schwingungen desselben seit einer Reihe von Jahren eine viel mehr westliche Richtung angenommen und beibehalten hatten, als ihnen eigentlich nach der früher erforschten Regel zustand. Ingenhouß hatte hierauf bereits 1795 aufmerksam gemacht, er erlebte den Triumph nicht, daß seine Bemerkung bewahrheitet und die Ursache entdeckt wurde.

Beim Zurückgehen auf den Zeitpunkt, von welchem sich diese plötzlich so sehr beförderte westliche Abweichung herschrieb, fand man, daß sie von demjenigen Tage des Jahres 1776 datire, an welchem das große Knight'sche Magazin in den westlichen Flügel des Gebäudes der physikalischen Gesellschaft gebracht worden war. Dieser Raum war 240 Fuß weit von dem magnetischen Observatorium entfernt, über diesen bedeutenden Zwischenraum hinaus erstreckte sich die Wirkung der Magnete und wenn man sich die Sache näher ansieht, so erstaunt man noch mehr, denn es ist nicht blos die Wirkung eines solchen — es ist die Differenz zweier solcher Magnete. Dasjenige, um welches der eine derselben stärker war als der andere, oder um was er dem magnetischen Observatorium näher war als der andere, wirkte nach Abzug der Kraft, die durch den Zwillingsmagneten beschäftigt war, so energisch nach außen, daß es in der Ablenkung einer Magnetnadel noch auf 240 Fuß zu erkennen war.

Die neuere Zeit hat, wie bereits bemerkt, durch den Magnetismus Kräfte zu erzielen gewußt, welche man früher für unmöglich gehalten haben würde; allein Kräfte solcher Art sind selbst mit diesen Mitteln bis jetzt noch nicht herauf beschworen worden, obschon man magnetische Funken erzeugen und die Lichtflamme im magnetischen Strome sich beugen machte.

Magazine, deren Theile sich nicht berühren.

Da es unter allen Umständen von Wichtigkeit ist, mit den geringsten Kräften das möglichst Große zu leisten, so war es begreiflich, daß man nach den zweckmäßigsten Zusammenstellungen verschiedener Magnete zu Einem suchte, und so sind denn unter Anderm auch Vorschläge gemacht, die ein-

zelnen Magnetstäbe, welche man zu einem Magazin vereinigt, sich gar nicht oder doch nur in sehr wenigen Punkten berühren zu lassen.

Das Erstere geschieht dadurch, daß man die Stäbe oder Hufeisen mit Leinenband bewickelt, so daß nur die Polflächen frei bleiben oder dadurch, daß man zwischen je zwei Hufeisen ein in Hufeisenform geschnittenes Stück Pappe, etwa $\frac{1}{16}$ Zoll dick, legt, wodurch, eben so wie durch die erste Behandlung, erzielt wird, daß die Magnete sich nirgends berühren. Es soll auf diese Weise ein freieres Wirken der einzelnen Stähle erzielt werden. Begreiflich kann man ganz dieselbe Behandlung auch auf Stäbe anwenden. Ich meinerseits gestehe, daß ich hiervon keinen Vortheil wahrgenommen habe. Ein Anderes ist es mit dem Berühren in nur wenigen Punkten. Hierbei legt man bei hufeisenförmigen Magazinen zwischen jedes und das folgende nur an den Biegungen Pappstücke ein, welche dieser Biegung entsprechen (so daß diese Mittelstrecke der Magnete sich also nirgends berühren könne, sondern $\frac{1}{8}$, vielleicht gar $\frac{1}{4}$ Zoll weit von einander absteht), dagegen die gleichnamigen Pole auf einander liegen, ohne daß eine fremde Substanz dazwischen kommt.

Hier tritt eine Verstärkung der Wirkung thatsächlich ein, allein die Veranstaltung ist durchaus nicht so einfach als man glaubt. In dem Maße nämlich, in welchem an der Biegung der Hufeisen Zwischenlagen gemacht werden, in demselben Maße hören die Polflächen auf, in einer Ebene zu liegen, sie bilden eine hohle Krümmung und will man von dieser Art der Zusammenfügung einen Erfolg haben, so muß man, nachdem die Stähle auf das Festeste zusammen geschraubt sind, die Polflächen gerade und eben schleifen, was, wenn dieselben bereits gehärtet sind, gar keine so leichte Arbeit ist. Wollte man die Stähle bearbeiten, so lange sie noch weich sind, also mit der Feile, was allerdings bequemer wäre, so würde man, da sie sich beim Härten immer ziehen oder werfen, von Neuem mit Schleifen beginnen müssen. Ob der Erfolg nun diese Mühe lohnt, und ob man nicht weiter kommt, wenn man die Hufeisen lieber um etwas größer macht, wollen wir dahin gestellt sein lassen.

Von einer Art zu magnetisiren — durch den elektrischen Strom — können wir erst später reden.

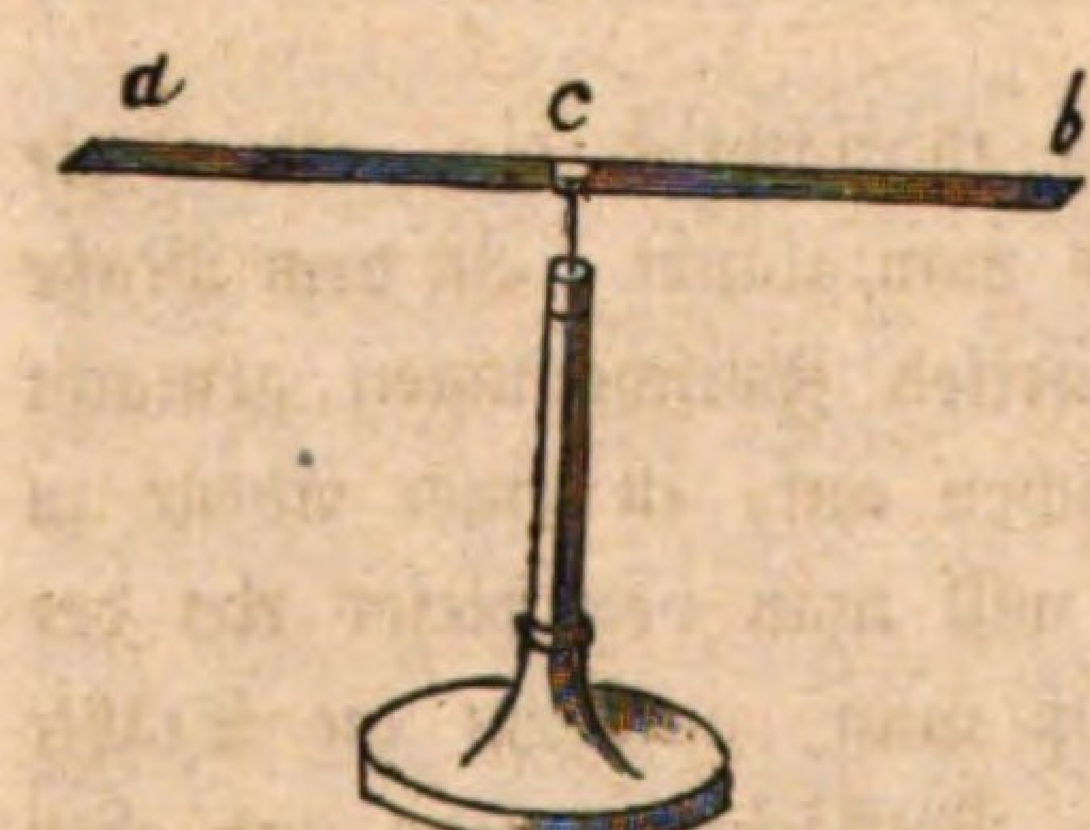
Beschaffenheit magnetisirten Stahles.

Der im Stahl erweckte Magnetismus zeigt sich durch die ganze Länge des Stabes, jedoch höchst ungleich vertheilt: in der Nähe der Pole am stärksten, weiter nach der Mitte zu in rascher Abnahme, immer schwächer

und in der Mitte auf nichts herabsinkend. Diesen Punkt in der Mitte jedes regelmäßig gestrichenen Stabes nennt man den Indifferenzpunkt.

Jeder Stab hat zwei Pole, der eine mit Nord-, der andere mit Südmagnetismus; einen Stab zu machen, der blos nördlichen oder blos südlichen Magnetismus hätte, ist unmöglich und kann nur durch eine absichtliche Täuschung scheinbar gelingen. Wenn man nämlich beim Doppelstrich nicht einen Nord- und einen Südpol von den streichenden Stäben, sondern zwei gleichnamige Pole in der Mitte aufsetzt, so erhält man allerdings einen Stab, der an jedem Ende einen Nordpol (oder einen Südpol) hat, der also ganz nördlichen (oder südlichen) Magnetismus zu haben scheint; wenn man denselben aber mit einer Magnetnadel untersucht, so wird man finden, daß derselbe den entsprechenden entgegengesetzten Magnetismus sehr stark in der Mitte, an demjenigen Orte zeigt, an welchem sonst der Indifferenzpunkt ist und wenn man hier den Stab durchbricht, so hat man zwei Stücke, von denen jedes ganz regelmäßig seinen nördlichen und seinen südlichen Magnetismus zeigt.

Fig. 82.



Die Prüfung geschieht auf folgende Weise: man stellt eine Magnetnadel *ab*, auf ihrem Hütchen *c* schwebend, auf eine Tischplatte, so daß einer der Pole möglichst frei in die Luft ragt, — wir wollen annehmen, dies sei *b* der Nordpol. Dann nehme man den zu prüfenden Stab, horizontal gehalten, in die Hand und nähere ihn der freien Spitze der Nadel. Wird dieselbe nicht abgelenkt, so ist der Stab überhaupt nicht magnetisch, wird sie angezogen, so braucht der Stab auch noch nicht magnetisch zu sein, weil Eisen und Stahl sowie Nickel und nicht ganz reiner Kobalt den Magnet anziehen und selbst Magnetismus annehmen. Wird die Nadel abgestoßen, so ist der Stab gewiß magnetisch und zwar das genäherte Ende gleichnamig mit dem vorstehenden Theile der Nadel.

Wenn die Nadel angezogen wird, so kann der Stab magnetisch sein; ob er es sei, erfährt man dadurch, daß man ihn umkehrt und das andere Ende der Nadel darbietet. Wird nunmehr die Nadel nochmals angezogen, so ist der Stab nicht magnetisch, wird er jedoch abgestoßen, dann ist er magnetisch.

Indifferenzpunkt.

Hält man den Stab, der magnetisch ist, senkrecht und nähert man den anziehenden Pol der Nadel, so wird diese bis auf einen gewissen Grad abgelenkt; man bleibe mit dem Stabe ganz in derselben Entfernung, gebe

aber mit ihm auf- oder abwärts, an der Nadel so vorbei, daß der Stab nach und nach mit allen seinen Theilen vor ihr stand bis zur Mitte, so wird die Anziehung immer mehr abnehmen und wenn die Mitte gerade vor der Nadel steht, wird keine Anziehung bemerkbar sein, sobald man aber mit der Bewegung des Stabes über die Mitte hinausrückt, so verwandelt sich die Anziehung in Abstoßung, welche immer mehr wächst, bis sie den höchsten Grad erreicht, wenn das Ende des Magnets vor der Spitze der Nadel steht. Man nennt den Punkt, in welchem die Anziehung und Abstoßung des Magnetstabes aufhört, seinen Indifferenzpunkt.

Da sich aus diesen Versuchen ergiebt, daß die eine ganze Hälfte eines Magnetstabes nördlichen, die andere ganze Hälfte südlichen Magnetismus hat, so wäre wahrscheinlich ein Mittel gefunden, Magnete zu machen, welche nur eine Art Magnetismus haben, man dürfte ja nur einen solchen Magnetstab in seinem Indifferenzpunkt zerbrechen! Dies ist öfter geschehen und kann sich ein Jeder an einer stählernen Stricknadel oder an einer Uhrfeder von dem Gange der Sache überzeugen. In dem Augenblicke, wo man die magnetisirte Feder durchbricht, zeigen sich an der Bruchstelle zwei neue Pole, die Hälfte der Feder, die den Südmagnetismus zeigt, hat an der Bruchstelle Nordmagnetismus, und diejenige Hälfte, welche den Nordmagnetismus hatte, zeigt an der Bruchstelle den Südmagnetismus; man hat statt eines Magnetstabes nunmehr zwei. Auch an jeder anderen Stelle kann man die Feder durchbrechen, und mit jedem Stücke das so oft wiederholen, als es möglich ist — immer hat auch das kleinste Stückchen derselben noch beide Magnetismen, und zeigt deutlich zwei verschiedene Pole. Dies führt zu dem Schlusse, daß der Magnetismus mit seinen Nord- und Südpolen in dem Magnetstabe vertheilt ist und nur an den Enden sich vorzugsweise zeigt, keineswegs da seinen Sitz hat.

Krümmt man eine magnetisirte Feder, daß die Pole sich berühren, so scheint sie fast alle Kraft zu verlieren, weil der Nordmagnetismus des einen Poles sich des Südmagnetismus des anderen bemächtigt, das Verschwinden des Magnetismus würde vollständig sein, wenn die Berührung vollständig wäre. Der Elektromagnetismus liefert dafür einen unwiderleglichen Beweis, wie wir im Verlaufe sehen werden.

Der Magnetismus ist übrigens keine Eigenschaft so beschränkter Art, als man früher geglaubt hat, sondern ist im Gegentheile eine der allgemeinsten Eigenschaften der Materie überhaupt und ist in derselben vorhanden, ohne daß man Jahrtausende lang dies geahnt hatte. Früher stand überhaupt die Lehre vom Magnetismus so vereinzelt da, war sie so gänzlich von den anderen physikalischen Lehren zu sondern, daß man aus einem Lehr-

buche der Physik dies Capitel, welches von dem Magnetismus handelte, entfernen konnte, ohne daß ein unbefangen sich damit Beschäftigender irgendwo eine Lücke gefunden haben würde; jetzt ist der Magnetismus mit allen anderen Lehren so verflochten, daß er sogar für die meisten derselben die feinsten und sichersten Beobachtungs-Instrumente liefert.

Diesem nach kann man Stahl magnetisiren durch Licht, durch Temperaturveränderung, durch Elektricität, durch Veränderung des inneren Gefüges der Körper, ja zuletzt durch die bloße Lage und Richtung gegen den Erdkörper. Einige dieser Erscheinungen können erst später angeführt werden, die letzten beiden wollen wir jedoch schon jetzt näher betrachten.

Magnetisiren durch Veränderung des inneren Gefüges des Stahles.

Wer die Werkstätten der Eisenarbeiter, Schlosser, Schmiede, Maschinenbauer 2c. aufmerksam durchwandert, der wird häufig sogenannte Kerner, Hartmeißel, auch mitunter Feilen u. dergl. magnetisch sehen; es legt sich an dieselben der umhergestreute Eisenfeilstaub an, auch werden wohl kleine Nägel u. dergl. davon angezogen.

Dieser Magnetismus ist dadurch entstanden, daß der Stahl Hammerschläge erhalten hat. Man kann dies jeden Augenblick versuchen, wenn man eine Stange Stahl von einigen Pfunden, horizontal gehalten, zuerst prüft, ob sie Magnetismus besitzt, und dann, wenn dies nicht der Fall, ihr mit einem tüchtigen Hammer ein Dutzend Schläge auf den Kopf giebt.

Prüft man nunmehr die Stange, so wird sie entschieden magnetisch sein, d. h. das eine Ende derselben wird den Nordpol einer Nadel anziehen, das andere wird ihn abstoßen.

Noch besser gelingt dies, wenn man den Stahlstab senkrecht hält und dann die Schläge giebt, hier wirken nämlich zwei Kräfte zusammen. Die Erschütterungen allein bewerkstelligen eine Anordnung der Stahltheilchen im Sinne des Magnetismus und die senkrechte Lage thut dasselbe, beide unterstützen sich.

Magnetismus der Lage.

Noch viel leichter als das gedachte Experiment ist ein solches, das den Magnetismus der Lage unzweifelhaft macht. Man nehme eine beliebig große Eisenstange, einen Hausschlüssel, eine Feuerzange, halte sie senkrecht und bringe ihr oberes Ende nahe an den Südpol einer Magnetnadel,

man wird wahrnehmen, daß dieselbe abgestoßen wird. Nun kehre man das Stück Eisen um, so daß dasjenige Ende, welches früher unten war, nunmehr oben ist, und bringe dieses jetzige obere Ende an den Südpol der Magnetnadel, so wird man wahrnehmen, daß auch dieses Ende die Nadel abstößt — ebenso stößt jedesmal das untere Ende den Nordpol der Nadel ab. Horizontal gehalten werden beide Pole der Nadel von beiden Enden des Eisens angezogen. Hier sieht man deutlich Polarität entstehen in senkrechter Lage und aufhören in horizontaler. Die Erde ist der große Magnet, welcher den Eisenstab schnell magnetisirt. Ein Schlag auf den Eisenstab, so lange er in senkrechter Lage befindlich — und er ist dauernd magnetisch, wenn schon äußerst schwach, so doch ganz entschieden und unzweifelhaft magnetisch. Nach einer großen Reihe sehr sorgfältiger Untersuchungen findet sich diese magnetische Kraft in allen Substanzen; eine steinerne Säule oder ein Tannenbaum ist ebenso gut magnetisch in aufrechter Stellung wie eine Eisenstange, nur nicht so stark.

Fig. 83.



Ist der Versuch, eine Magnetnadel durch eine senkrecht gehaltene Eisenstange wie durch einen Magnet anzuziehen oder abzustoßen, schon auffallend, so wird er es noch mehr dadurch, daß man mit einer solchen Eisenstange ein Stück Stahl wirklich magnetisiren kann. Die nebenstehende Fig. 83 zeigt ein dünnes Stäbchen von Stahl, unten irgendwie gestützt, oben durch eine Schnur an einem anderen Befestigungspunkte in einer schrägen, der senkrechten Richtung nahen Lage gehalten.

Eine gewöhnliche Feuerzange oder was es sonst für ein Stück Eisen sei, nur lang genug (ein paar Fuß), wird mit ihrem untersten Ende auf das Stahlstäbchen gesetzt, so daß sie selbst senkrecht steht, indeß der Stahlstab ein wenig geneigt ist. In dieser Richtung beider gegen einander streicht man von unten nach oben den Stahl entlang und hebt, oben (wie die Fig. 83 zeigt) angelangt, die Feuerzange ab, um sie durch einen Umweg unten wieder aufzusetzen. Hat man dies zehn bis zwölf Mal gethan, so wird man bei der Untersuchung des Stahlstäbchens unzweifelhafte Spuren des Magnetismus finden und diese werden um so stärker sein, je größer die Eisenstange gegenüber der Stahlstange ist und je öfter man das Streichen wiederholt.

Da das unten gehaltene Ende der Eisenstange immer ein Nordpol ist, so muß man damit nicht von oben nach unten streichen, sonst bringt man

in dem Stahlstabe einen Südpol unten hervor, welcher dem Magnetismus seine Lage widerspricht, umgekehrt wird das Streichen aufwärts (wodurch ein Südpol nach oben kommt), durch den natürlichen Magnetismus der Lage unterstützt, welcher gleichfalls den Südmagnetismus nach oben bringt.

Magnetismus durch Vertheilung.

Wenn ein Magnetstahl einem nicht magnetischen Stahl seine Kraft mittheilt, so verliert er dadurch nichts von seiner vorhandenen Kraft; der Ausdruck Mittheilung ist daher eigentlich nicht richtig, man sollte lieber sagen anstecken, denn wie ein Kranker, der einen Anderen mit seiner Krankheit angesteckt hat, auch nichts von seiner Krankheit verliert, dadurch, daß der Andere sie bekommt, so gleichfalls mit dem Magnetismus, worin sich derselbe wesentlich von der Elektricität unterscheidet. Was diese einem anderen Körper an Elektricität mittheilt, das hat der mittheilende Körper wirklich verloren, dagegen ein Magnet tausend Stahlstäbe magnetisiren kann, ohne seine Kraft zu verlieren, wie ein Pestkranker tausend gesunde Menschen zu Pestkranken machen kann, ohne selbst die Krankheit zu verlieren.

Aber nicht bloß durch Berührung magnetisirt ein Magnet, sondern schon aus der Ferne geschieht dies, und zwar ist hier wieder Aehnlichkeit mit der Elektricität, die gleichfalls aus der Entfernung und zwar ganz auf dieselbe Weise auch nur auf die Dauer des Versuches elektrisirt.

Fig. 84.



Man lege einen Magnetstab A auf einen Tisch, so daß der eine Pol etwas über den Rand desselben hinaus stehe, dann nähere man ihm einen Schlüssel K bis auf ½ Zoll und bringe an das entferntere Ende desselben einen zweiten, kleineren Schlüssel oder ein anderes Stückchen Eisen N, so wird man wahrnehmen, daß dieses daran hängen bleibt, vielleicht wird (wenn der Magnetstab stark ist, geschieht es gewiß) das zweite Stückchen Eisen noch ein drittes kleineres tragen. Durch die Nähe des Magnets ist also der Schlüssel zu einem wahren Magnet geworden; daß dies nur von der Vertheilung herrührt (wie bei der Elektricität), geht daraus hervor, daß, sowie man den Magnetstab entfernt, die an dem ersten Schlüssel hängenden anderen Eisenstückchen herabfallen.

Abstoßung zwischen feindlichen Polen.

Nord und Nord oder Süd- und Südpol heißen, wie es in der Natur der Sache liegt, gleichnamig; Nord und Süd heißen ungleichnamige Pole. Weil die ungleichnamigen sich anziehen, so heißen sie außerdem auch noch die freundschaftlichen Pole, die gleichnamigen aber heißen, weil sie sich abstoßen, die feindschaftlichen Pole. Wir wollen die einzelnen Erscheinungen für sich betrachten.

Ein paar auffallende Experimente, welche die Abstoßung zeigen, sind folgende: zwei gleichgroße Magnetstäbe mit ihren freundschaftlichen Polen an einander gebracht (so daß beide eine gerade Linie ausmachen) tragen einander, wenn sie stark sind. Dieselben Stäbe horizontal auf einander gelegt, so daß sie mit den feindlichen Polen auf einander liegen, stoßen einander so ab, daß der obere sich horizontal um seine Axe dreht, bis sein Nordpol auf dem Südpol des unteren liegt. Allerdings müssen sie polirt sein, damit die Reibung nicht gar zu stark ist und die Bewegung hindert.

Wenn man ein Dutzend Haarnadeln an ihrer Biegungsstelle zerschneidet und sie dann an das untere Ende eines senkrecht gehaltenen Magnetstabes bringt, so wird er dieselben sämmtlich anziehen; läßt man sie jedoch aus der Hand, so fahren die unteren Enden derselben breit aus einander, einen Fächer bildend, die oberen, durch den Magnetstab gefesselt, müssen wohl bei einander bleiben, die unteren aber, beweglich, stoßen einander um so kräftiger ab, je stärker der Magnet ist; hängen sie z. B. am Südpol, so haben diese unteren Enden alle Südmagnetismus und mit diesem sträuben sie sich gegen die Annäherung.

Nähert man sich dem Bündel frei pendulirender Haarnadeln mit einem anderen Magnet, so wird man zweierlei Erscheinungen beobachten, je nachdem man den einen oder den anderen Pol des Magnets anwendet.

Wir haben beispielsweise angenommen, die Drahtstückchen hängen am Südpol; kommt man von unten denselben mit einem Südpol des zweiten Magneten nahe, so wird man die sich sträubenden Nadeln noch weiter aus einander gehen sehen; wendet man dagegen den Nordpol an, so nähern sich die Nadeln einander, bis sie sämmtlich parallel neben einander hängen.

Der Versuch wird noch lehrreicher, wenn man jedes Drahtstiftchen mittelst etwas Klebwachs an ein feines Fädchen befestigt und die Fäden dann in einen Knoten vereinigt, diesen an den Magnetstab etwa so bringt, daß die Drahtenden einen Zoll weit von der Polfläche befindlich.

Im ersten Falle berührten die Drähte den Magnet, da war ein wirk-

liches Magnetisiren vorhanden; in diesem Falle findet das Magnetisiren nur durch Vertheilung statt und die Haarnadeln sträuben sich ebenso wie vorhin, ja stärker, da sie leichter beweglich sind. Macht man nunmehr das zweite Experiment mit der Annäherung eines freundschaftlichen oder feindlichen Poles, so wird man das vorhin Beschriebene viel auffallender sehen.

Richtung der magnetischen Kraft.

Die magnetische Kraft geht von dem Magnetstabe nach allen Richtungen strahlenförmig aus, und nimmt je weiter an der Quelle je mehr ab, und zwar wie die Mathematiker sich ausdrücken, umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernungen, d. h. in der Entfernung von 1 Zoll ist die Kraft 1 in der Entfernung von 2 Zoll nicht 2 — dann würde die Kraft steigen wie die Entfernung, — auch nicht 4 (2 mal 2, das Quadrat von 2) — dann würde sie steigen wie die Quadrate der Entfernungen, — sondern sie ist $\frac{1}{4}$ der früheren Kraft, d. h. umgekehrt wie die Quadrate; nicht 4, 9, 16, sondern $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$. Die Kraft nimmt daher viel schneller ab als die Entfernung von dem die Kraft äußernden Punkte; allein in gleicher Entfernung ist sie rundum dem Magnet ganz gleich.

Magnetische Figuren.

Es läßt sich das eben Mitgetheilte ziemlich deutlich zeigen. Man spanne einen Bogen Papier auf einen Blindrahmen feucht auf, so daß er nach dem Trocknen recht glatt und gerade ist. Ferner verschaffe man sich recht feine Eisenfeilspäne, welche aus einer Schlosserwerkstatt wohl zu erlangen sind, allenfalls siebt man sie durch Mousselin, da dann die zu groben Theile alle zurück bleiben. Stellt man einen Magnetstab (am besten wenn er cylindrisch ist) aufrecht hin, bedeckt man ihn mit dem Papier, das in den Rahmen eingespannt ist, so daß dessen Mitte auf die obere kreisförmige Fläche zu liegen kommt und streut man nun etwas Eisenfeile locker auf diese Stelle,

Fig. 85.

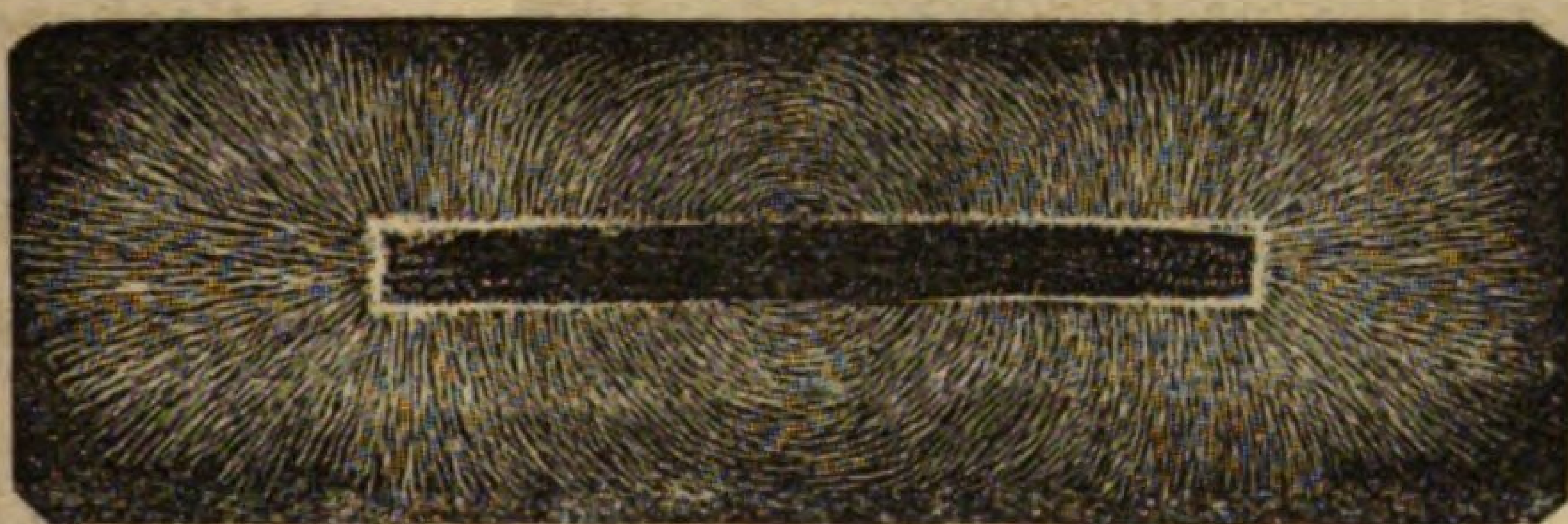


so sieht man sogleich die Neigung derselben, eine besondere Zeichnung anzunehmen, die auch augenblicklich deutlich hervortritt, wenn man mit einem leichten Stäbchen einige Male trommelnd auf das Papier schlägt, so daß dies zittert. Die Zeichnung sieht aus, wie die nebenstehende Fig. 85 zeigt und es ist daraus vorzugsweise die strahlenförmige nach allen Seiten gleichmäßige Vertheilung zu er-

sehen; der Polpunkt selbst bleibt dabei ganz frei von Feilspähnen, woraus man mit ziemlicher Gewißheit schließen kann, daß der Sitz des Magnetismus überwiegend die äußere Fläche des Stahles, viel weniger die innere sei; daher man auch recht starke Magnete nicht dadurch erhält, daß man die Stahlmasse sehr dick macht, sondern dadurch, daß man viele dünne Magnetstähle über einander legt.

Um jeden Magnet her ist eine magnetische Atmosphäre, welche diejenigen Körper, die richtungsfähig sind, nach ihren Strömungen lenkt. Solche Strömungen lassen sich sichtbar machen, wenn man einen Magnet flach auf einen Tisch, darauf den papierbespannten Rahmen legt und auf die Stelle, wo der Magnet liegt, aus einiger Höhe Feilspähne fallen läßt, sie auch durch leichtes Klopfen auf das Papier zum Hüpfen bringt. Wir werden an einem einfachen Stabe sehr deutlich die hier stehende Figur erblicken,

Fig. 86.



wo eine strahlenförmige Ausbreitung von beiden Polen gradeaus nicht zu verkennen ist, welche jedoch, je weiter die Richtung der Strahlen wachsende Winkel mit der Linie in welcher der Magnetstab liegt, bildet, je mehr gebogen werden, bis sie sich rückwärts gehend mit den ihnen entgegen kommenden Linien des anderen Poles vereinigen, worin sich ein lebhaftes Bestreben des Nordmagnetismus, zum Südmagnetismus zu wandern (und umgekehrt), ausspricht. Wer diese magnetische Figur betrachtet, kommt leicht auf den Gedanken, die magnetische Thätigkeit wirke vorzugsweise in der gerade vorhandenen Fläche; dies ist ganz irrig — auf welche Seite man einen Magnetstab legen möge, überall bekommt man genau dieselbe Figur, weil, wie die vorige Figur zeigt, die Thätigkeit strahlenförmig nach allen Richtungen geht.

Man kann die Neigung der verwandten Magnetismen, in einander überzugehen, durch diese magnetischen Figuren sehr gut anschaulich machen, wenn man zwei Stäbe mit ihren freundschaftlichen Polen parallel neben einander legt, ebenso wird sich die Abstoßung dieser Kräfte zeigen, wenn man sie ebenso parallel, aber mit ihren feindlichen Polen neben einander legt, wie die angegebene Figur auf der folgenden Seite zeigt. Die aus

Fig. 87.

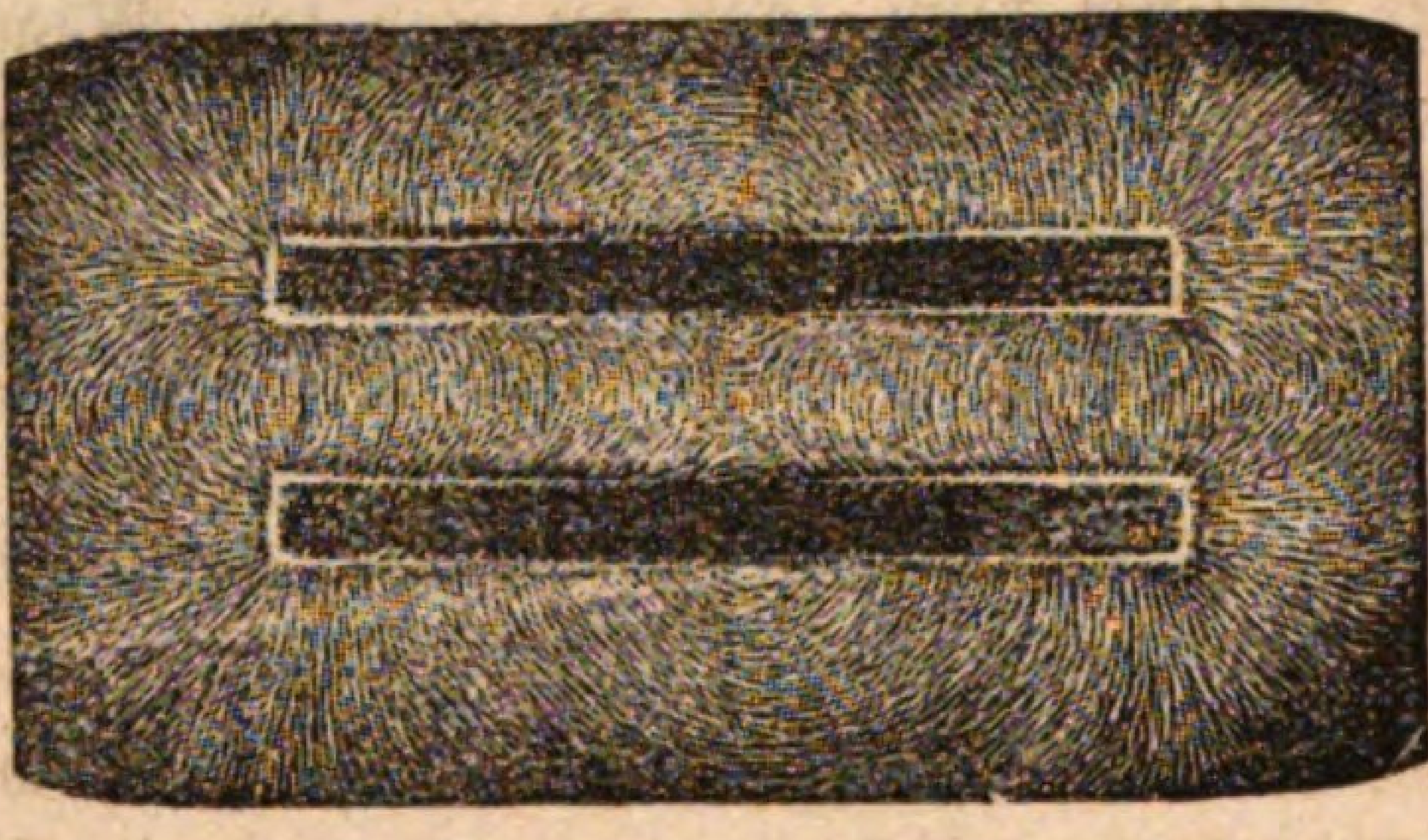
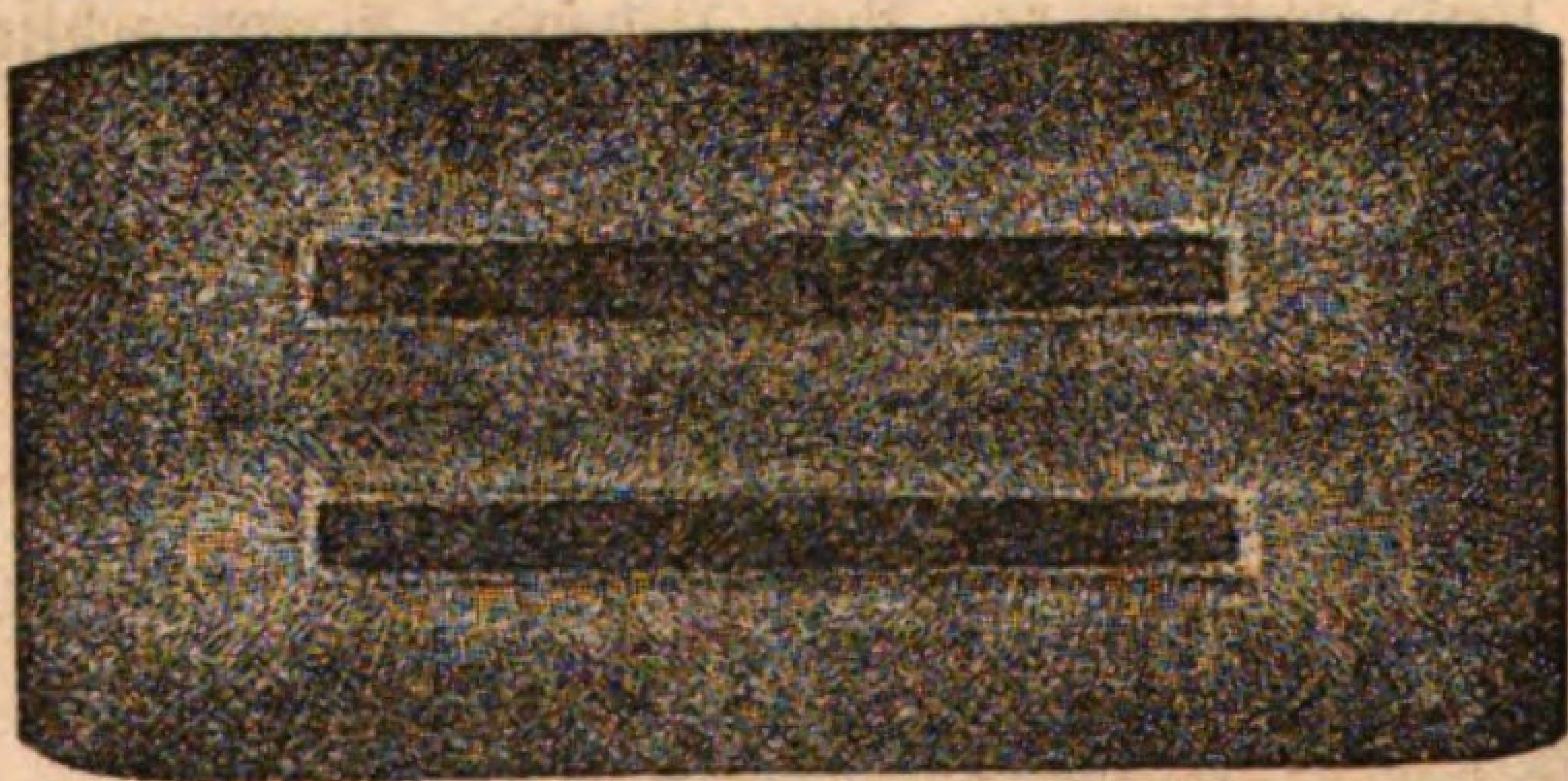
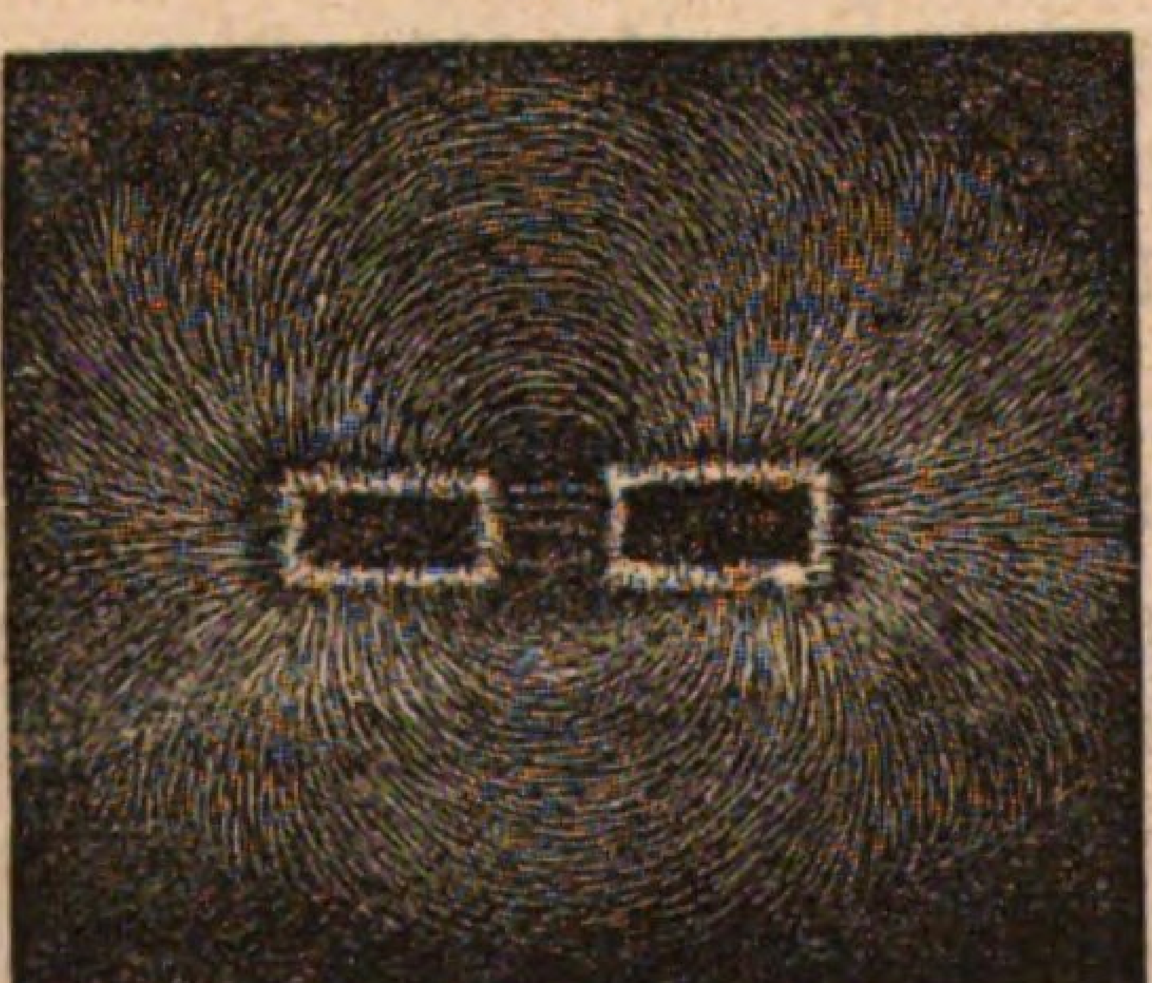


Fig. 88.



dem Experiment hervorgehenden Figuren lassen keinen Zweifel über das Bestreben der sich feindlich oder freundlich gegenüber stehenden Kräfte. Zwischen den Polen des oberen Paares bilden sich, vom Nord- zum Südpol gehend, ziemlich gerade Linien und die aus den Polpunkten selbst strahlenförmig auslaufenden neigen sich in sanften Krümmungen zu einander; in der unteren Figur sieht man die Linien, welche auf den äußeren Seiten ganz normal laufen, als läge nur ein Stab unter dem aufgespannten Papier, doch auf der inneren, zwischen den beiden Magneten, sich gegenseitig abweisen. Die von den Polen ausgehenden Strahlen krümmen sich entgegengesetzt, sie gehen nicht zu einem Halbkreis in einander über, sondern sie weisen sich ab und es bildet sich dadurch parallel mit den langen Seiten der Stäbe eine scharf markirte Grenzlinie, über welche hinaus die Wirksamkeit der Magnete sich nicht erstreckt.

Fig. 89.



Stellt man ein magnetisches Hufeisen aufrecht, so wird man bei der Wiederholung des Experiments mit der Eisenfeile die nebenstehende Figur erhalten, welche im Grunde eine Wiederholung derjenigen ist, die man bei einem einzelnen Stabe erhält, nur daß die Pole näher beisammen sind und daß die Linien schärfer markirt hervortreten.

Noch wird man bemerken, daß an

den Polen selbst sich eine beträchtliche Menge der Feilspähne aufhäuft und dann zwischen diesen und den anderen, welche die Linien und Figuren bilden, ein leerer Raum entsteht. Der Grund dieser Erscheinung ist die stärkere Anziehung der Magnetpole, viel stärker als bei den Stäben, und wenn die magnetische Kraft ungewöhnlich groß ist, so wird der freie Raum mehrere Zoll breit, weil die leicht beweglichen Feilspähne dem gewaltigen Zuge des Magnets, der halbe oder ganze Centner trägt, aus dieser Entfernung folgen.

Sichtbarmachen der magnetischen Strömungen.

Taucht man ein Hufeisen mit seinen Polen in einen Haufen Feilspähne, so hängen sich diese massenhaft an ihn und bilden zwar im Allgemeinen einen Klumpen an jedem Pole, wenn man jedoch diesen Klumpen näher besieht, so findet man, daß ein jeder aus vielen einzelnen Strahlen zusammengesetzt ist, die alle in dem Pole eine gemeinschaftliche Wurzel haben, von dort aber nach allen Richtungen gerade aus gehen, einen Busch bildend, wie das auf öden Sandflächen häufig wachsende bläuliche Gras festuca glauka.

Taucht man zwei gleich große und gleich starke magnetische Hufeisen in die Eisenfeile und bringt man dann dieselben einander gegenüber, so daß man in jeder Hand eins haltend, die Krümmungen nach Außen, die Pole nach Innen, und zwar die freundschaftlichen zu einander kehrt, so wird man die einzelnen Strahlen des Busches von Feilspähnen sich bewegen sehen, und bei der Annäherung bis auf 1 Zoll greifen die Strahlen in einander, wie die ausgespreizten Finger zweier Hände, wenn man sie falten will. Alsdann bilden die Feilspähne eine compacte Masse, die sich biegen und kneten läßt, als ob sie aus Teig bestände. Entfernt man die Pole, während man mit Daumen und Zeigefinger die zwischen denselben befindlichen Feilspähne formt, so kann man einen dünnen Cylinder von Feilspähnen bilden, welcher gewissermaßen den Magnetismus von einem Pole zum anderen führt. Setzt man unter diesen Cylinder eine Spirituslampe, so kann man denselben zum Glühen bringen und wird bemerken, daß er doch zusammenhält, daß er nicht aus einander stäubt, obwohl er aus lauter einzelnen Eisensplitterchen besteht, welche keine Verbindung unter einander haben, als die durch den magnetischen Strom hervorgebrachte.

Magnetisiren in glühendem Zustande.

Der Verfasser, welcher dies Experiment oft gemacht hat, bemerkte an einem Splitterchen von einer Uhrfeder, welches unter den Feilspähnen be-

findlich gewesen, daß dasselbe nach dem Erkalten auch ganz abgesondert von den übrigen Stücken und ohne in Berührung mit dem Magneten gewesen zu sein, eine starke Polarität zeigte; dies brachte ihn auf den Gedanken, ein Stück Stahl in glühendem Zustande zwischen die Pole eines Magneten zu bringen und sogleich durch Uebergießen mit Wasser zu härten. Der Erfolg war überraschend, denn der Magnetstab erhielt einen bedeutenden Grad von Magnetismus, noch viel stärker aber wurde er bei Magnetisirung durch den elektrischen Strom; hiervon das Nähere an seiner Stelle.

Abstoßende Wirkung.

Kehren wir zu dem vorigen Versuche mit dem Hufeisen zurück und versetzen wir die Pole so, daß zwar jedes Hufeisen in einer Hand gehalten, mit den Krümmungen nach Außen, mit den Polen gegen einander gekehrt, nach Innen gerichtet ist, daß aber nicht die freundschaftlichen sondern die feindlichen Pole einander zunächst stehen, so wird man eine von der vorhin beschriebenen ganz verschiedene Anordnung der Feilspähne wahrnehmen. Der Busch von Eisenfeilen, welcher sich an den Polen aufgehäuft hatte, verflacht sich, je mehr man die Pole einander nähert, es ist als ob Einer den Andern drückte. Es greifen nicht einzelne Strahlen in einander, im Gegentheil entsteht zwischen beiden Polen ein Zwischenraum, welcher so scharf begrenzt ist, daß man ein Lineal zwischen den Polen hindurch führen kann, ohne ein Stäubchen der Eisenfeile zu berühren, denn der Zwischenraum ist völlig frei von allen Strahlen oder Adern, welche sich etwa von einem Pol zum andern schieben könnten.

Anomale Magnete.

Hier wollen wir noch einer Unregelmäßigkeit gedenken, welche durch das Streichen nicht selten veranlaßt wird und am Leichtesten durch die magnetischen Figuren entdeckt werden kann. Wenn man eine Magnetnadel streicht, so kommt es besonders darauf an, daß sie regelmäßig magnetisch sei und nicht mehr als zwei Pole habe, dies erreicht man am Sichersten durch den einfachen Strich, wie derselbe S. 188 beschrieben worden ist. Der Kreisstrich gewährt dies gleichfalls. Der Doppelstrich aber besonders, wenn er durch Hin- und Herführen eines Magazins auf der Nadel bewerkstelligt wird, bringt in der Länge eines Stabes von 10 bis 12 Zoll 4 Pole hervor, nämlich an den beiden Enden und so weit von den-

selben nach Innen, als die beiden Pole des Magazins, das man zum Doppelstrich verwendet hat, von einander abstehen.

Legt man eine solche Magnetnadel unter das aufgespannte Papier, um die magnetischen Figuren hervorzubringen, so wird man nicht die Fig. 86 S. 227 bekommen, sondern sie wird aussehen als ob man zwei solche Stäbe an einander gelegt hätte, so daß sie einen doppelt so langen Stab bildeten. Dies ist nicht wünschenswerth, der Magnet ist nicht regelmäßig, man nennt ihn anomal; die verschiedenen Polpunkte in seiner Längenausdehnung heißen Folgepunkte, man darf ihn nicht zu einem Meßinstrument verwenden.

Durchdringende Kraft des Magnetismus.

Der Magnetismus hat die wunderbare Eigenschaft, daß er alle bis jetzt bekannten Körper durchdringt. Dies findet mit keiner anderen Kraft statt, das Licht durchdringt nur die durchsichtigen und durchschimmernden Körper, die Wärme durchdringt viele Körper (Schnee, Eis, Glas u. dergl.) schwer oder gar nicht; andere dagegen wieder sehr leicht (wie Steinsalz). Die Elektricität durchdringt nur die Leiter, die Isolatoren aber nicht, für den Magnetismus hingegen ist alles Leiter, es giebt für ihn keinen Isolator und der Preis von 200,000 holländischen Gulden, welchen der vorige König von Holland Demjenigen ausgesetzt hat, der einen Isolator des Magnetismus finden würde, ist noch zu erwerben. Es ist indessen wohl möglich, daß es einen solchen giebt, denn einige Metalle verzögern die Bewegung des Magnetismus.

Man hatte gefunden, daß Messing nicht selten einige Anziehung gegen eine empfindliche Magnetnadel äußere. Dies war sehr natürlich, denn nur zu bedeutenden Broncearbeiten wird neues Messing durch Zusammenschmelzen von Kupfer und Zink gemacht; in den gewöhnlichen Gelbgießereien, in denen die Mechaniker ihre loth- oder pfundschweren Stücke bestellen, wird altes Messing aufgekauft, mit Messingfeilspähnen, welche sehr wohlfeil sind, zusammen geschmolzen und da findet es sich denn gewöhnlich, daß etwas Eisen mit unterläuft, welches im Guß sitzen bleibt; zwar wird ein ordentlicher Gelbgießer die Feilspähne immer durch den Magnet sichten lassen, indessen welcher Lehrling (dem man diese Arbeit gewöhnlich überträgt) ist aufmerksam genug, um das langweilige, nicht fördernde Geschäft fortzusetzen, bis er wirklich nichts mehr findet; so ein Spürchen Eisen oder Stahl in dem Messing, welches zu der Fassung des magnetischen Instruments verwendet wird, ist aber genug, die Angaben desselben unrichtig zu machen.

Deshalb wandte man sich an ein Metall, welches nicht auf diese Weise

gesammelt wird, an das Kupfer; dieses wird wohl gleich dem Messing gegossen, gewalzt, gehämmert, geschnitten mit großen Scheeren, allein es wird nicht gewöhnlich, sondern nur sehr ausnahmsweise gefeilt, da es überhaupt dazu zu weich ist.

Von Kupfer also machte man die Fassungen magnetischer Instrumente zu den Zeiten des berühmten Mathematikers und Physikers Borda, welcher mit Mechain und Delambre die Messung des Gradbogens von Dünkirchen bis nach den balearischen Inseln ausführte und vortreffliche Instrumente dazu angab, die noch seinen Namen führen.*)

Verzögernde Kraft des Kupfers.

Es ergab sich aber ein anderer Uebelstand. Es wurde bemerkt, daß ganz vortreffliche Nadeln, sobald sie in solche Kupfermassen eingeschlossen wurden, bei weitem langsamere Schwingungen machten als früher. Man schrieb dies Anfangs einem Verlust an Kraft zu, bis genauere Untersuchungen lehrten, daß sie außerhalb des Kupfergehäuses noch ebenso rasche Schwingungen machten als sonst, daß auch Vermehrung, Verstärkung der magnetischen Kraft in solchen Stäben keinen bedeutenden Einfluß übe auf die Beschleunigung ihrer Bewegung, so lange sie in dem Kupfergehäuse blieben.

So kam der Engländer Barlow auf den Gedanken, die sichtlich vorhandene Verzögerungskraft des Kupfers genauen Untersuchungen zu unterwerfen und sie lehrten ihn sehr werthvolle Resultate; doch waren seine Apparate zu groß, ungeschickt, kostspielig, um an anderen Orten als in London nachgemacht zu werden, denn es handelte sich immer um achtzöllige Bomben oder Vollkugeln aus Kupfer, welche 700 bis 800 Mal in einer Minute um ihre Axe gedreht werden mußten, um den Einfluß des bewegten Kupfers auf dem ruhenden Magnet zu zeigen und daraus die Folgerung zu ziehen, daß der bewegte Magnet von dem ruhenden Kupfer in seiner Bewegung gehemmt werden müsse.

Viel einfacher und mehr direct auf die Sache zugehend waren Seebek's Untersuchungen. Derselbe ließ eine Magnetnadel über verschiedene Substanzen freie Schwingungen machen und beobachtete die Zahl derselben,

---

*) Repetitionskreis, Reflexionskreis, Metallthermometer, Inclinatorium, Declinatorium etc.; von Kupfer machte man auch noch in dem Mannesalter Humboldt's diese Hüllen; das Borda'sche Inclinatorium sowie das Declinatorium, welche er auf seinen Reisen in Amerika benutzte, waren in schwerem Kupfer und in die nothwendigen Glasmassen eingeschlossen.

welche erforderlich war, um die Nadel aus einer Entfernung von 45 Grad auf 10 Grad herabkommen zu sehen.

Um besser verstanden zu werden, möge eine kleine Erläuterung dieses Versuches folgen.

Wenn eine Magnetnadel frei an einem Faden hängt, so kommt sie für das Auge nach einer gewissen Zeit zur Ruhe. Von diesem Punkte geht man bei den Beobachtungen aus, und wenn man die Nadel nun so stellt, daß sie mit ihrer von selbst erlangten, ruhenden Stellung gerade einen rechten Winkel macht, so sagt man, sie sei um 90 Grade abgelenkt worden.

Die Hälfte dieser Ablenkung ist 45 Grad, ein Drittheil derselben ist 30 Grad, ein Neuntel des rechten Winkels beträgt 10 Grad.

Seebek's Experiment wurde so gemacht, daß er eine Magnetnadel einige Linien hoch über einer ebenen Kupfer-, Silber-, Zink- oder sonstigen Metallplatte aufhängt, ihre Stellung im Augenblicke vollkommener Ruhe beobachtet, sie aus diesem Ruhepunkt um einen halben rechten Winkel ablenkt und dann zählt, wie viele Schwingungen sie macht, bevor dieselben so weit verringert sind, daß sie nur ein Neuntel des rechten Winkels, d. h. 10 Grad rechts und links von dem Ruhepunkte erreichen.

Der Unterschied ist bei den verschiedenen Metallen sehr bedeutend, denn falls Wismuth das unterliegende Metall ist, macht die Nadel 112 Schwingungen, bei Blei und Gold machte sie deren 90, bei Zink 70 und bei Kupfer gar nur 55, dieses also verzögerte den Gang der Magnetnadel am stärksten.

Arago's Versuche über die verzögernde Kraft der Metalle.

Da der Gegenstand von einer nicht geringen Wichtigkeit war, so wurde er auch von Arago aufgenommen und fortgeführt und es wurde die Probe auf das Exempel gemacht; wenn nämlich der schwingende Magnet von der stillstehenden Kupferplatte zur Ruhe gebracht wurde, so mußte umgekehrt die stillstehende Magnetnadel durch die bewegte Kupferscheibe in Schwingung gesetzt werden.

Die Franzosen lieben, wie die Kinder und die Araber, das Blanke. Ist bei den Letzteren das Glänzende ein Zeichen des Werthes und schlagen sie den Reisenden todt, bloß weil er messingne Knöpfe an seinem Rock trägt, welche sie für Gold halten, so gewinnt bei den französischen Gelehrten das Experiment, die physikalische Wahrheit erst Werth, wenn sie mit einem glänzend ausgestatteten Instrument dargethan wird. Diese Neigung seiner Landsleute theilend oder wenigstens sie kennend, erfand Arago ein kostbar großes

Uhrwerk, worin statt einer Unruhe eine ziemlich massive Metallscheibe in Umdrehung gesetzt werden konnte, ein bedeutendes Gewicht gab die nöthige Kraft dazu her und ein Windfang regelte den möglicher Weise zu rasch werdenden Lauf der Räder, welche in sich selbst zertrümmern konnten.

Versuche deutscher Gelehrten.

Wir machen dies einfacher: unser Uhrwerk ist die Hand, die Scheibe ruht auf einem starken Metallstift, der durch eine umwickelte Schnur gleich einem Kreisel in Bewegung gesetzt werden kann. Auf diesen Stift des Kreisels setzt man die verschiedenen Metallsorten, welche alle ein gleich großes Schraubengewinde haben und hat es so in seiner Gewalt, ihren Einfluß zu prüfen. Es versteht sich, daß der Kreisel in einem zu ihm gehörigen Gestell gehalten wird, so daß er auf derselben Stelle stehen bleibt, denn mit der schwebenden Magnetnadel kann man ihm nicht nachlaufen.

Haben wir hier die einfachste Art, kreisförmige Metallscheiben in rasche Drehung zu versetzen, angeführt, so wollen wir doch nicht verfehlen, auch die bessere und bequemere mit einigen Worten zu berühren.

Ein jeder unserer Leser kennt ohne Zweifel die Einrichtung des gewöhnlichen Spinnrades, und weiß, daß es aus einem Gestell besteht, in welchem ein Rad, durch den Fuß des Spinnenden bewegt, vermöge einer darum geschlungenen Schnur die Spule in Bewegung setzt, auf welche das Garn sich aufrollt.

Legt man dies Spinnrad horizontal, statt daß es gewöhnlich aufrecht steht, und dreht man das Rad mit der Hand statt mit dem Fuße, so hat man eine Vorrichtung, welche vollkommen zu der Drehung einer solchen Kupfer- oder sonstigen Metallscheibe ausreicht. Es genügte, eine Vorstellung von der Veranstaltung zu geben und nachdem diese gewonnen ist, können wir uns zu dem Experimente selbst wenden.

Auf der Axe der Spule wird eine Metallscheibe aufgesetzt, welche bei der Bewegung sich horizontal um ihre senkrecht stehende Axe schwingt. So nahe wie möglich befestigt man darüber eine Glasscheibe und über dieser hängt man die Magnetnadel an ungedrehten seidenen Fäden auf. Die Glasscheibe oder ein anderer fester Körper muß zwischen der Metallscheibe und der Magnetnadel befindlich sein, denn da die Umdrehung der Scheibe sehr rasch vor sich geht, so entsteht durch die daran haftende Luft ein nicht unbedeutender Zug, vermöge dessen allein die Magnetnadel bewegt werden könnte.

Der Professor Schweigger, ein sehr praktischer Gelehrter, schließt

auch im Uebrigen alle bewegte Luft von der Nadel aus, indem er sie in eine Glasglocke hängt und die untere offene Fläche derselben mit einem Bogen Papier überspannt.

Glocke oder freischwebende Nadel sammt der Glasscheibe bringt man nunmehr möglichst nahe über die horizontale Scheibe des liegenden Spinnrades, erwartet den Zustand der Ruhe der Nadel und fängt dann langsam an das Rad in Bewegung zu setzen. Sobald die Kupferscheibe eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hat, nimmt sie die Magnetnadel mit; ist die Nadel leicht, geschieht es sofort, wenn aber die Nadel aus einem Stücke Stahl von ½ Pfund Gewicht besteht, so ist ihre schwere Masse nicht augenblicklich in Bewegung zu setzen; allein in wenigen Secunden gelingt es, die Nadel geht mit der drehenden Scheibe von ihrer natürlichen Richtung ab, und hat sie einmal einen rechten Winkel mit derselben gemacht (d. h. mit ihrer eigenen ursprünglichen Richtung), so beginnt sie erst langsam und dann immer schneller zu kreisen und es ist wirklich zum Erstaunen, mit welcher Lebhaftigkeit ein so schweres Stück Metall scheinbar ohne äußere Ursache sich bewegt.

Daß die schwingende Scheibe die Bewegung bedingt, weiß man, allein wenn man es nicht wüßte, so könnte man sich sehr leicht davon überzeugen, indem man die Drehung der Kupferscheibe aufhält und dann umkehrt. Sobald dies geschieht, beginnt der Magnetstab langsamer zu kreisen, immer langsamer, bis er nach einiger Zeit stillsteht; kaum ist aber dieser Stillstand eingetreten, als auch schon eine Bewegung nach entgegengesetzter Richtung und zwar ganz im Sinne des Zuges, den jetzt die schwingende Scheibe eingeschlagen hat, sichtbar wird und bald fliegt der Magnetstab mit eben solcher Vehemenz in umgekehrter Ordnung umher, wie er vorhin nach der anderen Seite flog.

Die Magnetnadel braucht übrigens nicht gerade an einem Faden zu hängen; auch wenn sie auf die ganz gewöhnliche Art mittelst eines Hütchens auf einer Spitze schwebt, dreht sie sich unter den angegebenen Umständen; ja auch horizontale Axenstellung kann überwunden werden, obschon sie die viel schwierigere ist.

Wenn ein magnetisirter Stahlstab nicht an einem Faden hängt, sondern in der Mitte seiner Längenausdehnung durchbohrt und darin eine Axe befestigt ist, mittelst welcher dieser Stab auf zwei wohl polirten Lagern ruht (die Inclinationsnadel, von welcher in dem Verfolg mehr die Rede sein wird), so darf man das bisher liegend gedachte Spinnrad nur aufrecht und die Scheibe, welche die Ablenkung bewirken soll, parallel mit der Nadel oder dem Magnetstabe stellen, um bei der Drehung der Scheibe (voraus-

gesetzt sie sei von Kupfer) auch diese viel schwerer bewegliche Nadel in rasche Kreisbewegung zu setzen.

Erklärung des Phänomens.

Als die Erscheinung bekannt wurde, hatte man Neigung, dieselbe für eine rein magnetische zu erklären. Der Magnetstab setzt in der Kupferscheibe freundschaftlichen Magnetismus (unter einem Südpol entsteht ein Nordpol, unter einem Nordpol entsteht ein Südpol). Die Scheibe wird gedreht, die eben entstandenen freundschaftlichen Pole gehen also fort; natürlich muß der bewegliche Magnetstab der durch sich selbst hervorgerufenen Anziehung folgen, er geht, weil sie sich immerfort erneuert, ihr langsam, mit jedem Momente aber schneller nach, und so entsteht die Rotation, der Rotationsmagnetismus (welcher, obschon er gar nicht existirt, doch noch in den meisten Lehrbüchern spukt).

Arago theilte die Ansicht keineswegs, doch handelte sich's nicht hierum, sondern um den Beweis, daß es nicht der Magnetismus sei und diesen Beweis führte er in folgender Art.

Wenn es Magnetismus ist und zwar freundschaftlicher, der in der drehenden Scheibe erregt wird, so muß, so gut wie eine Anziehung im Sinne der Drehung erfolgt, auch eine Anziehung im Sinne der verticalen Entfernung erfolgen, d. h. wenn die Magnetnadel in jeder Art frei beweglich ist, muß sie dem magnetischen Zuge in jeder Art folgen, nicht bloß die sich drehende Scheibe auf ihrer Reise begleiten, sondern sich ihr auch nähern.

Gewiß läßt sich gegen dieses Argument nichts einwenden. Arago hing nun den Magnetstab an einem Wagebalken auf und tarirte ihn möglichst vollkommen, so daß nur eine sehr geringe Kraft nöthig gewesen wäre, um denselben in senkrechter Richtung abwärts zu ziehen.

Als nunmehr die Drehung der Scheibe begann, ward der Magnetstab zwar im Kreise bewegt, aber nicht angezogen, sondern abgestoßen; er erhob sich, entfernte sich von der Kupferscheibe.

Hiermit war nun vollkommen der Beweis geführt, daß nicht Magnetismus die wirkende Ursache sei.

Die Versuche wurden von Faraday aufgenommen und mit der ihm inwohnenden Schärfe der Deduction bewies er, daß der Magnet in dem dargebotenen metallischen Leiter elektrische Ströme errege und daß diese es seien, welche den Magnetstab mit sich nähmen. In dem später anzuführenden Barlow'schen Rade war bereits das Räthsel gelöst.

Ob es Isolatoren des Magnetismus giebt.

Alle anderen Metalle thun Aehnliches, doch bei Weitem nicht in dem Grade wie Kupfer, darum ist man vom Kupfer als Fassung magnetischer Instrumente abgegangen.

Aber eben weil alle Metalle einen solchen ganz unverkennbaren Einfluß auf den Magnet haben und Kupfer nichts Besonderes aufweisen kann, als daß es das erste in der Reihe ist, so ist man noch nicht von der Hoffnung, einmal einen Körper zu finden, der die Durchwirkung nicht bloß verzögert, sondern dieselbe völlig hindert, abgekommen, man hätte dann das lange Gesuchte, eine Substanz, durch welche hindurch der Magnetismus nicht wirkt, einen Isolator.

Bis jetzt sieht ein Lehrbuch des Magnetismus aus, als ob daraus das Capitel von den Isolatoren ausgerissen worden wäre, denn wie man auch aufmerksam sucht, findet sich nirgend eine Spur davon, daß es auch Körper gäbe, welche den Magnetismus aufhalten, hemmen, nicht durchlassen, im Gegentheile liest man als merkwürdige feststehende Thatsache, als unantastbares Axiom — es gäbe keinen Körper, welcher die magnetische Kraft verhindere, sich frei auszubreiten.

Sehr nahe der Wahrheit steht diese Behauptung auch; wenn eine Magnetnadel von 2 Zoll Länge, leicht beweglich, durch einen gut magnetisirten Stahlstab auf die Entfernung von 2 Fuß afficirt wird, so ist es ziemlich gleichgültig, was zwischen der Magnetnadel und dem Stabe befindlich.

Man kann z. B. dadurch die Dicke einer Mauer wissen, in welcher keine Thür befindlich, zu welcher man also nicht von beiden Seiten gleichzeitig gelangen kann, z. B. die Dicke einer Feuermauer.

Die magnetische Kraft durchdringt alle Körper.

Man sucht sich einen Magnetstab von so großer Stärke, daß er eine empfindliche Nadel auf ungefähr 4 Fuß aus ihrer Richtung ablenkt. Die Entfernung, aus welcher dies geschieht, mißt man sehr genau.

Nunmehr stellt man denselben Pol des Magnetstabes, mit welchem man die Ablenkung bewirkte, an die eine Seite der zu messenden Mauer, geht mit der vorhin geprüften Nadel an die andere Seite und in der Gegend, wo man den Magnetstab an die Mauer gelegt hat, und bringt die Nadel in die Nähe derselben. Sobald sich die ersten Spuren der Ablenkung

zeigen, mißt man die Entfernung der Nadel von der Wand, zieht diese Größe von der vorhin gefundenen (wir wollen dabei bleiben, daß es 4 Fuß gewesen seien, was übrigens ganz gleichgültig ist, wenn man nur die Größe genau kennt) ab und hat dann in dem Rest die Dicke der Mauer. Wäre die Entfernung, in welcher der Magnet auf die freie Nadel wirkt, 4 Fuß gewesen, stände sie aber bei dem nachfolgenden Experiment 1 Fuß und 2 Zoll von der Mauer ab, deren andere Seite der Magnetstab berührt, so hätten wir diese 14 Zoll von 4 Fuß abzuziehen und behielten 2 Fuß 10 Zoll als die Dicke der Mauer übrig.

Es gehört zu den auffallendsten Experimenten mit dem Magnetismus, wenn man eine Nadel, welche in der Nähe einer Mauer frei aufgehängt ist, plötzlich in Schwingungen kommen sieht, weil der Gehülfe im Nebenzimmer einen Magnet gegen die Wand gerichtet hält. Man glaubt gewöhnlich, wenn auch gewisse Zwischenräume die Wirkung eines Magnets auf den anderen nicht hemmen, so müssen dicke, massive Körper in diese Zwischenräume gebracht, doch hemmend wirken; allein man überzeugt sich durch das gedachte Experiment, daß dem nicht so sei, wenn schon die Analogie mit der Elektricität es erwarten ließe.

Noch unversucht gebliebene Körper.

Geht man nun aber von den neuen Erfahrungen aus, so dürfte es doch wohl nicht nur möglich, sondern sogar sehr wahrscheinlich sein, daß der zwischen zwei Magneten befindliche Gegenstand für die Wirkung derselben auf einander durchaus nicht gleichgültig sei, und könnte man z. B. statt einer 2 Fuß dicken Mauer von Ziegel- oder Sandstein eine solche aus einem 2 Fuß dicken Kupferblock aufführen, so wäre die Frage sehr wohl statthaft, ob der Magnetismus sie durchdringen würde. Allerdings müßte die Kupfermasse eine Längen- und Breiten-Dimension von wenigstens 10 Fuß haben. 200 Kubikfuß Kupfer aber kosten mehr, als ein Privatmann an dergleichen Versuche wenden kann.

Es ist zwar gerade nicht nöthig, die Versuche in solcher Ausdehnung zu machen, man dürfte nur sehr schwache magnetische Apparate wählen und bei diesen, die etwa nur auf 2 Zoll Weite auf einander wirkten, nachsehen, ob eine dazwischen gebrachte Kupferplatte von ein paar Quadratfuß und von 1 Zoll Dicke einen Unterschied in der Anziehung beider Nadeln auf einander hervorbringen würde, und solche Platten könnte man in großen Kupferwalzwerken (wo aus mächtigen centnerschweren Blöcken die Platten gewalzt werden, deren sich Kupferschmiede zur Anfertigung von großen Brennapparaten

bedienen) wohl finden, allein auch diese Versuche sind durch die Reise, den Aufenthalt kostspielig und sind deshalb noch nirgend gemacht worden. Ja man ist so sehr überzeugt von der Richtigkeit aller bisherigen Annahmen, daß man nicht einmal Versuche macht, die möglich, ja gar nicht schwer auszuführen sind. Wenn man eine Glastafel zwischen einen Magnetstab und eine Magnetnadel bringt und die Nadel sich bewegen sieht, so sagt man: auch durch Glas dringt der Magnetismus. Wer weiß? Wer hat noch eine Nadel ganz von Glas umschlossen untersucht. Dies könnte nur so geschehen: in eine kleine Flasche mit Metallstöpsel brächte man eine sehr kleine aber gut magnetisirte Nadel, an einer Kette von feinem Draht hängend; diese ganze Flasche müßte man in einer Glashütte, welche gutes reines Glas liefert, mit Glas überfangen lassen, d. h. sie müßte in geschmolzenes Glas getaucht und damit ganz überzogen werden, natürlich nachdem sie vorher so stark erhitzt worden, daß sie durch das Eintauchen in die glühende Masse nicht springt. Der Ueberzug müßte zolldick, so dick als möglich gemacht werden, ohne die Durchsichtigkeit ganz zu benehmen; aber geflossen müßte das Glas rundum vollständig sein, so daß nirgends der Magnetismus auf die Nadel wirken könnte, ohne durch die Glasmasse gegangen zu sein. Die Nadel würde durch die starke Erhitzung viel von ihrer Kraft verloren haben, dies jedoch schadet nichts; wenn sie nur etwas übrig behalten hätte, so würde man doch noch auf sie wirken können. Vielleicht fände man, daß schon dieser ganz gewöhnliche Körper, Glas, dem Magnetismus Hindernisse in den Weg legt, welche wir nicht ahnen. Es müßte natürlich die Entfernung, auf welche ein Magnetstab die Nadel innerhalb der Glasmasse anspricht, genau gemessen und dann die Flasche zertrümmert werden, um zu untersuchen, wie die (durch die Hitze veränderte) Nadel sich ohne Glashülle gegen denselben Magnetstab verhält.

Wenn der Verfasser Gelegenheit hätte, würde er diesen Versuch gewiß machen; auch wenn er nichts Neues ergäbe, würde man daraus lernen und wenigstens nun die Ueberzeugung wirklich haben, daß Glas dem Magnetismus kein Hinderniß in den Weg setzt, welche Ueberzeugung man bis jetzt nur zu haben glaubt.

Grund, warum alle Fragen unbeantwortet bleiben.

Ein Uebelstand steht diesen Forschungen nach der Kraft des Magnetismus im Wege. Die Luft ist ein Leiter desselben, man kann die Versuche über Isolirungsfähigkeit daher nur mit ungeheuren, durch ihre Ausdehnung absperrenden Massen machen. Wenn ich wissen will, ob ein Körper Elektri-

cität isolirt, so prüfe ich denselben, indem ich ihn innerhalb eines Isolators untersuche; wollte ich wissen, ob ein Stück Smaragd oder Diamant isolirt und ich machte die Versuche innerhalb des Wassers oder innerhalb eines luftleeren Raumes, so würde ich wohl nicht viel Gescheutes finden; da aber der Smaragd in einem Isolator (der Luft nämlich) steht, so kann diese auf seine Eigenschaft als Isolator keinen Einfluß haben. Eine Quantität Elektricität, von einem empfindlichen Elektroskop durch einen Turmalincrystall getrennt, wird von ihrem Vorhandensein keine Kunde geben, denn auch, wenn ich den Turmalin hinweg nehme, bleibt ein Isolator, die Luft, vorhanden. Wenn dagegen derselbe Turmalin in Beziehung auf seine Isolirungsfähigkeit gegen den Magnetismus geprüft werden soll, so steht er in einem Leiter, und angenommen, der Magnetismus könne wirklich nicht durch ihn hindurchdringen, so kann er doch von allen Seiten um ihn herum, man wird also nicht zu dem Resultat „er isolirt" oder „er isolirt nicht" gelangen, wenn man sich nicht eine Turmalintafel von 18 Zoll Länge und Breite und von 1 Zoll Dicke verschafft; dergleichen Stücke Turmalin aber giebt es auf Erden nicht, denn Turmalin ist ein seltener Edelstein, der kaum in wallnußgroßen Stücken (rein und nicht als Stangenschörl, als durchsichtiger Edelstein gar nur in sehr mäßiger Ringsteingröße) vorkommt.

Dergleichen Hindernisse stellen sich dem Physiker sehr oft entgegen und darum mag man noch keinen Isolator des Magnetismus gefunden haben. Es heißt, der Magnetismus dringt durch alle Körper, weil er durch eine buchene oder eichene Bohle, weil er durch eine Steinmauer und durch ein mit Wasser gefülltes Gefäß dringt — wer hat dem Magnetismus schon eine Wand von reinem Kohlenstoff (Diamant) oder von Selen, von Titanmetall, von Quecksilber oder nur von Bergcrystall gegenüber gestellt, um zu sehen, wie er sich da verhält?

Wenn man dieses könnte, so wäre es sehr wohl möglich, daß Dinge erforscht würden, von denen man bis jetzt keine Ahnung hat und es wäre sehr wohl möglich, daß das Capitel von den Isolatoren des Magnetismus ein recht ausgedehntes würde, nur entziehen sich des angeführten Grundes wegen die Gegenstände der Beobachtung; wer kann einen kubikfußgroßen Klumpen von Berill oder Smaragd, von Rubin oder den Metallen der Alkalien, Natrium, Kalium rc. aufweisen; wer diese letzteren, wenn sie zu beschaffen wären in größeren Massen, in Zusammenhang bringen und wer kann der Luft ihre Leitungsfähigkeit für den Magnetismus benehmen?

Sowie Papier, Pergamen, Elfenbein zu den Halbleitern der Elektricität gehören, so gehört Kupfer, nach einigen Angaben auch Silber zu den Halbleitern des Magnetismus; wenn die Aehnlichkeit des Verhaltens bis

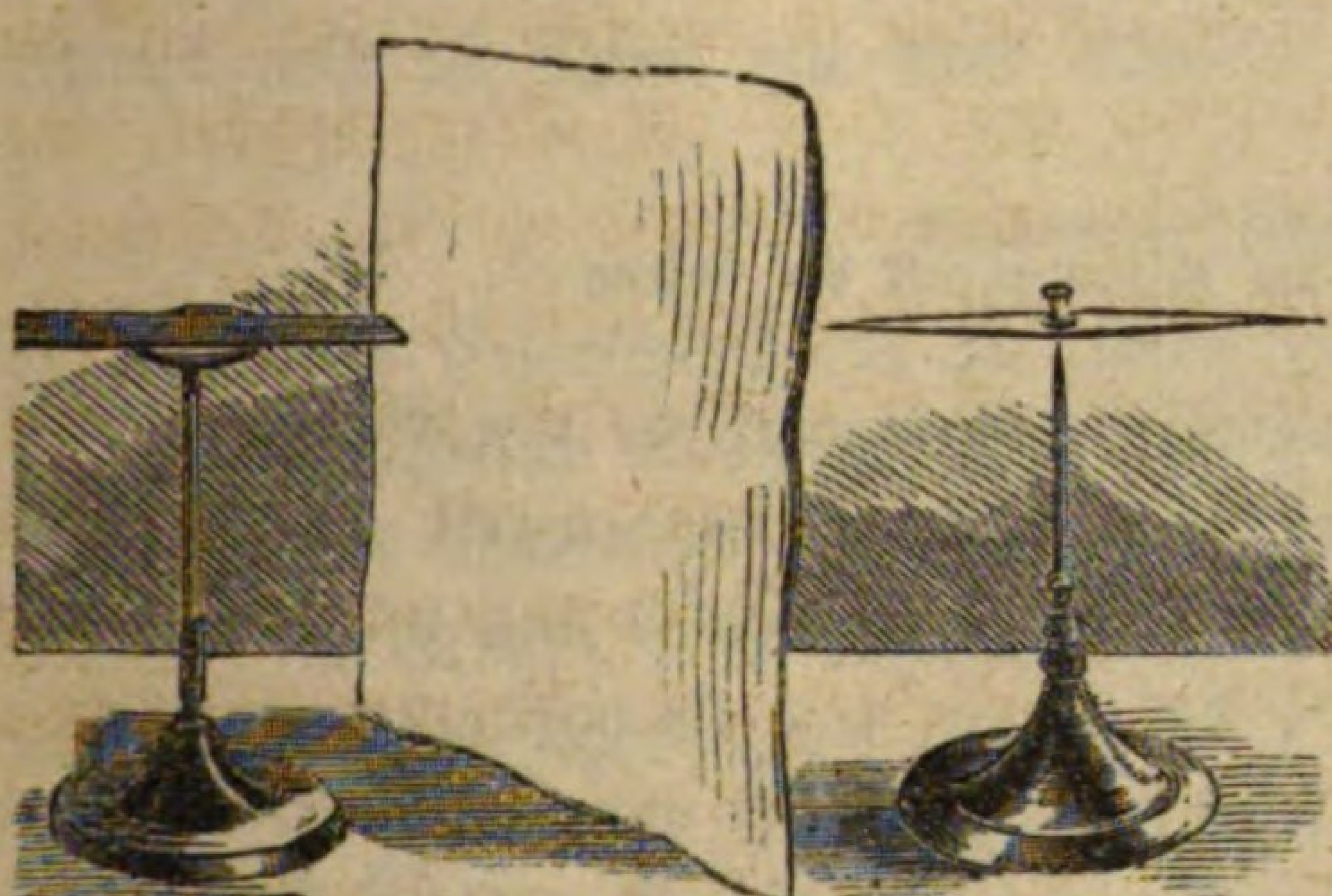
hierher geht, so ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, daß sie nicht auch noch einen Schritt weiter gehe — nur gefunden sind die Isolatoren noch nicht.

Von einigen Professoren der Physik (der Verfasser macht absichtlich einen Unterschied zwischen diesen und den Physikern) ist das Eisen als ein Isolator des Magnetismus angesehen worden, man findet dies sogar in Lehrbüchern ausgesprochen, allein es ist nicht das geringste Wahre an der Sache.

Wirkung des Eisens.

Bringt man zwischen eine Magnetnadel und den Magnetstab, welcher dieselbe in der Entfernung von 2 Fuß ablenkt, eine Eisenplatte, so daß wenn rechts die Magnetnadel, links der nächste Pol des Magnetstabes und in der Mitte die aufrecht stehende Tafel ist, und hat man gefunden, daß die Nadel in der angegebenen Entfernung um eine gewisse Größe aus ihrer Richtung abgelenkt wird, so wird man nunmehr nach Zwischenstellung der Tafel allerdings wahrnehmen, daß dies nicht mehr so stark geschieht als vorher, aber nicht, weil die Eisentafel der durchdringenden Kraft des Magnetismus ein Hinderniß in den Weg setzt, sondern weil die Kraft des Stabes nicht mehr in einem Punkte concentrirt ist.

Fig. 90.



Der Magnetismus wirkt ringsum auf Alles, was er im Kreise seiner Wirksamkeit findet. Die Eisentafel wird magnetisch gemacht. Ist links der Nordpol des Magnetstabes und liegt zunächst rechts der Nordpol der Nadel, so wird der letztere durch den ersteren abgestoßen worden sein, denn der Magnetstab möchte den Südmagnetismus gern an sich heran ziehen und thut dies soviel als möglich auf die gegebene Entfernung.

Tritt nunmehr die Eisentafel dazwischen, so setzt der Magnetstab sich gegenüber sofort einen Südpol, was er in dem indifferenten Eisen sehr gut kann. Die Sache steht jetzt in Beziehung auf die Magnetnadel ganz anders, ihr ist nicht mehr der Nordmagnetismus des Stabes die nächste

wirkende Kraft, sondern der Südmagnetismus der Mitte der Tafel. Daß dieser nicht abstoßend sondern anziehend auf sie wirken muß, ist also sehr natürlich; es bleibt jedoch immer noch eine abstoßende Kraft des Stabes übrig, nur ist sie nicht so beträchtlich, als wenn die Platte nicht vorhanden wäre. Diese abstoßende Kraft ist übertragen worden auf die äußeren Kanten der Platte. Hat die Mitte durch den Einfluß des Stabes Südmagnetismus bekommen, so ist eine durchaus nothwendige Folge, daß die Ränder der Tafel Nordmagnetismus haben. Hätte lediglich die Stelle derselben Südmagnetismus erhalten, so müßte die Nadel ebenso nothwendig angezogen werden, allein eine Polarität zu erwecken, ohne zugleich die andere zu setzen, ist ebenso wenig möglich, als bloß positive Elektricität zu erregen, ohne gleichzeitig die negative hervorzurufen und so ist denn anziehende und abstoßende Kraft der Magnetnadel durch die Platte genähert (sie ist nicht gehemmt, nicht geschwächt), aber vermöge der Quervertheilung weniger wirksam gemacht, daher die verringerte Abstoßung.

Eisen ist also nicht ein Isolator, wohl aber leitet Eisen sogar den Magnetismus zu.

Versuch mit der Leitungskraft des Eisens.

Es läßt sich dies leicht beweisen. Man entferne den Magnetstab NS so weit, daß er nicht mehr ersichtlich auf die Magnetnadel ns wirkt, wir wollen annehmen, das sei bei der Entfernung von 3 Fuß der Fall. Man nehme eine Eisenstange von 2½ Fuß Länge, lege sie horizontal zwischen die Nadel und der Stelle, wo man den vorläufig ganz entfernten Magnet später wieder hinlegen will und nähere dieselbe Eisenstange der Magnetnadel so, daß man die erste Spur der Anziehung wahrnimmt. Nun lege man an das andere Ende 3 Fuß weit von der Nadel den Magnet mit einem seiner Pole hin, augenblicklich wird die Magnetnadel durch die Eisenstange, welche ihr jetzt den Magnetismus des Stabes zuführt, angezogen oder abgestoßen werden, je nachdem der feindliche oder freundliche Pol der Stange genähert ist. Die Eisenstange wird nämlich selbst zum Magnet und man hat jetzt gewissermaßen drei Magnete in einer Linie liegen.

n——s ———————— N————————S

Der erste Strich ns stellt die Magnetnadel vor, der letzte NS den Magnetstab, dieser wirkt in der angegebenen Entfernung nicht mehr auf die Magnetnadel. Bringt man jedoch die Eisenstange dazwischen, so wird diese durch den Magnet NS selbst ein (wenn auch schwächerer) Magnet, welcher auf die Nadel wirkt, da er ein Magnet ist, vorhin jedoch nicht wirkte,

da der Magnet NS nicht vorhanden und er nur die indifferente Eisenstange war.

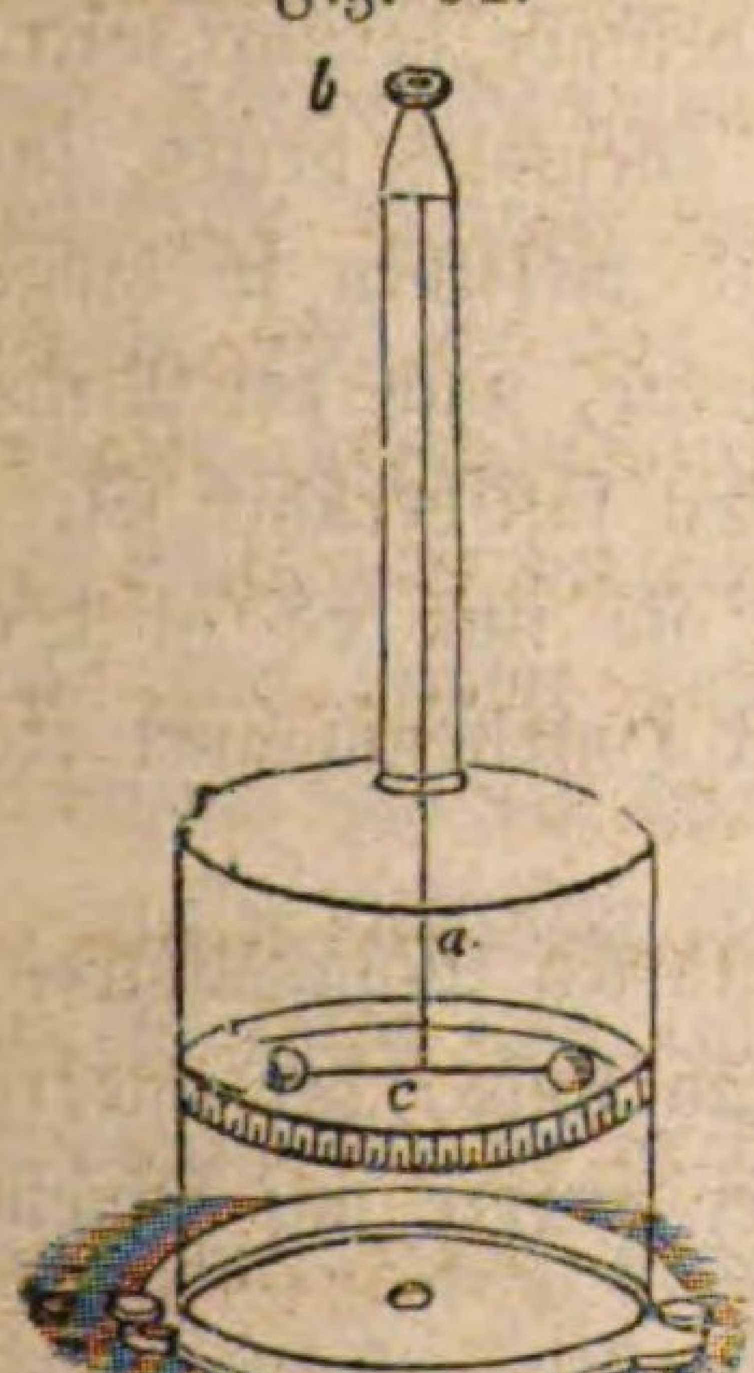
Hier ist nun thatsächlich eine Zuleitung, eine Uebertragung der magnetischen Kraft vorhanden; nimmt man nämlich von den drei Stücken das mittelste fort, so hört die Wirkung von N auf s alsbald auf, tritt aber ebenso augenblicklich wieder ein, als man die Eisenstange wieder an ihren Ort bringt.

Auch dieser Vorgang ist vollkommen gleich dem bei der Elektricität besprochenen, es ist ein Magnetisiren der Eisenstange durch Vertheilung. Wäre die Stange NS ein elektrischer Leiter und wäre er positiv, so würde die demselben genäherte Stange an dem dem Conductor zugekehrten Ende negativ, an dem abgekehrten positiv elektrisch sein. So ist es mit dem Magnetismus auch. N ist der Nordpol des Magnetstabes, er zieht zu sich heran den Südmagnetismus der Eisenstange und stößt von sich herab den Nordmagnetismus an das entfernteste Ende. Dieser fortgeschobene, durch die magnetismusleitende Eisenstange der Nadel ns genäherte Nordmagnetismus zieht die Nadel mit ihrer Südseite an sich.

Coulomb's Versuche.

Um die Erforschung des Magnetismus der Körper im Allgemeinen hat sich der französische Gelehrte Coulomb großes Verdienst erworben. Seine Versuche sind äußerst sinnreich, sehr fein, aber man braucht, um sie zu wiederholen, seine Geduld, seine Nettigkeit und Fertigkeit im Experimentiren, welche allerdings nicht Jeder hat.

Fig. 91.



Wir haben in der Lehre von der Elektricität die Coulomb'sche Drehwage beschrieben. Wir können uns dieselbe in einer um Weniges veränderten Gestalt hier unter Fig. 91 nochmals ansehen. Es ist hier ein Glasgefäß, für den Magnetismus von nicht größerer Weite als die Figur zeigt, welche ich „in natürlicher Größe" nennen würde, wenn die auf der Mitte des Deckels stehende dünne Glasröhre die nöthige Länge hätte, sie muß etwa 6 Zoll messen.

In dieser dünnen Glasröhre hängt ein ungedrehter Seidenfaden, wo möglich einfach, wie ihn der Cocon giebt. Bei b ist er innerhalb dieser Röhre an einem Kork oder Metallstücke befestigt und man kann denselben von außen her richten.

Unter *b* und *c* trägt dieser Seidenfaden die Körper, welche man prüfen will. Gewöhnlich wählt man hierzu eine höchst einfache Vorrichtung. Ein Streifchen feines Papier von der Breite eines starken Messerrückens und höchstens ½ Zoll lang wird zu einem ovalen Ringe gebogen, die Enden werden mit Wachs zusammen geklebt und auch mittelst dessen an dem Faden befestigt.

In diese kleine Papierschleife, welche flach und breit genug ist, um kleine Gegenstände zu tragen, werden die zu prüfenden Körper alle von schwacher Strohhalmdicke und von gleicher Länge (etwa ¾ Zoll) gelegt. Die Glasdecke über dem Buchstaben *a* mit sammt dem darauf befestigten Glasrohr *ab* muß leicht von dem übrigen Körper des Instruments getrennt werden, aber auch so wieder darauf gelegt werden können, daß die nach einander zur Prüfung kommenden Körper immer gleiche Entfernungen von den Glaswänden haben.

Ehe wir uns zu den Experimenten selbst wenden, müssen wir sagen, daß sehr starke Magnete dazu erforderlich sind und daß man es jetzt in seiner Gewalt hat, sie von so unerhörter Stärke zu machen, daß eine Tragkraft von 20 Centner gar nicht bedeutend genannt wird. Bei solchen Potenzen bedarf es denn keiner besonderen Vorsichtsmaßregeln, es geht Alles von selbst; hier aber Coulomb's Versuche berührend, zu deren Zeit es noch keinen Elektromagnetismus gab, ist selbst bei recht starken Stahlmagneten große Vorsicht und Sorgfalt nöthig.

Den kleinen Apparat stellt man zwischen die Pole eines möglichst kräftigen Hufeisens, jedoch muß es ein solches sein, dessen Schenkel nicht weiter von einander abstehen als die Weite der Röhre beträgt, es ist gut, wenn dieselbe beiderseitig von den Polen des Magnets beinahe berührt wird. Hat man ein solches Hufeisen nicht, so kann man sich allenfalls helfen, indem man an seinem Pole kleine Eisenstücke ansetzt und dieselben so lange den Zwischenraum von einem Pol zum andern verringernd, nach der Mitte zu schiebt, bis die Glasröhre nun von diesen Eisenstücken fast berührt wird, sie stellen die Pole des Hufeisenmagnetes vor, allein sie sind es in der That nicht, die Wirkung ist eine ganz andere, wenn der Hufeisenmagnet die richtige Weite hat.

Coulomb macht die Versuche ohne Hufeisen mit starken Magnetstäben, welche er einander gegenüber legt, so daß der eine Stab links, der andere rechts liegt, und zwar der eine mit seinem Nord-, der andere mit seinem Südpol an dem Hauptkörper des kleinen Instruments.

Eins der zu untersuchenden Metalle nach dem andern ward in der angegebenen Länge in die Papierschlinge der kleinen Torsionswage gelegt,

zuerst beobachtet, wie er sich stellen würde ohne Einfluß der Magnete und dann unter dem Einfluß derselben; hierbei ergab sich denn, daß die allermeisten Körper sich so richteten, daß ihre Längendimension in die Verlängerung der Magnetstäbe fiel und daß eine gerade Linie die beiden Magnete und die untersuchten Körper vereinigte.

Spuren von Transversalstellungen.

Nur bei wenigen Körpern fand eine solche Richtung statt, bei Wismuth, bei Cadmiummetall u. a. Diese stellten sich quer über die Richtungslinie von einem Magnetpol zum andern, sie bildeten damit ein Kreuz.

Coulomb glaubte, alle Körper, welche sich in die Linie richteten und so standen, wie eine Magnetnadel zwischen zweien Magneten stehen würde, enthielten Eisen, und es sei der Magnet ein feineres Prüfungsmittel auf die Anwesenheit von Eisen als die Chemie irgend besitze — umgekehrt schloß er: diejenigen Körper, welche sich quer stellten, hätten kein Eisen.

Feinheit der Versuche. Nöthige Vorsicht.

Es war dabei eine gewisse Analogie nicht zu verkennen. In eine Menge verschiedener Körper geht das Eisen als Bestandtheil ein, selbst im Blute der Thiere ist es das färbende Princip — eine Verunreinigung mit Eisen findet sich bei den meisten Legirungen, ja es finden mechanische Verbindungen statt, wo man es gar nicht vermuthen sollte.

Zu der Zeit, in welcher der Elektromagnetismus soeben aufgetaucht war, im Jahre 1820, machte Professor Erman der Aeltere sehr mannigfaltige und subtile Versuche über diese neue Kraft und er entdeckte, daß eine elektrische Spirale von beiden Polen eines starken Magnets angezogen wurde, daß sie also nicht die Eigenschaft eines Magneten, sondern die des weichen, unmagnetisirten Eisens habe. Die Versuche wurden, um sich von der Richtigkeit derselben zu überzeugen, mannigfach abgeändert und wiederholt und immer bestätigt gefunden; — endlich nach monatlangen Täuschungen kam die Wahrheit an das Licht.

Die elektrische Spirale wurde angezogen von beiden Polen eines Magneten zu einer Zeit, als sie gar nicht elektrisch war, d. h. als der elektrische Apparat, der sie in Thätigkeit setzen sollte, nicht geschlossen, also nicht wirksam war. Die nähere Untersuchung zeigte recht deutlich, wie nothwendig die alleräußerste Vorsicht sei. Der Draht, welcher die Spirale bildete, war auf ein 8 Zoll langes Stück Schilfrohr gewickelt, dieses natürlich mit einem

Messer aus dem längeren Halm geschnitten und daran war an beiden Seiten auf der Schnittfläche Eisen haften geblieben.

Die meisten meiner Leser werden sagen: „wenn das ist, so ist natürlich nichts mehr eisenfrei, denn das Holz, das Messing, das Kupfer, das Elfenbein wird mit Eisen bearbeitet.“

Dies ist zwar sehr wahr, der Schluß daraus jedoch sehr falsch. Alle die genannten Dinge und tausend andere, welche mit Eisen (Stahl) bearbeitet werden, sind weicher als Stahl, das Rohr ist härter, wenigstens seine äußere Rinde, sie hat einen Ueberzug von Kiesel; was im Schachtelhalm das Kupfer putzt, ist Kiesel (daher dasselbe in Süddeutschland unter dem Namen „Schaffheu“ in allen Küchen zu finden ist, weil es das Zinn und Messing sehr blank macht), was beim spanischen Rohr die Politur bildet, welche kein Tischler nachahmen kann, falls er einen solchen Stock abgehobelt hat, was beim Mähen des reifen Getreides die Sense stumpf macht, das ist Kiesel, welcher ein Hauptbestandtheil der Rinde dieser Pflanzen ist.

Als ein ähnlicher Apparat durch Professor Erman construirt wurde, bei welchem das Rohr mit Glas abgeschnitten war, da zeigte sich die anomale Anziehung von jedem Pole des Magnets nicht und die wunderbare neue Entdeckung im Gebiete des Magnetismus war auf das Gebiet der Täuschungen übergegangen.

Bei dem Coulomb'schen Versuche ergaben sich einige höchst merkwürdige Resultate. Crystallisirte Eisensalze stellten sich quer vor die Richtung der beiden Magnetstäbe, da sie doch, gerade weil sie Eisen enthielten, in der Längenrichtung beider hätten liegen sollen. Dies war beinahe unerhört und mußte als etwas Apartes angesehen werden.

Noch ein anderer räthselhafter Umstand trat ein. Mehrere Substanzen stellten sich bei größter Nähe der Magnete quer vor die Richtung derselben (kreuzten diese), gingen jedoch in die Längenrichtung über, sobald man die Magnete um etwas zurückzog.

Es war schwer, fast unmöglich, dies zu erklären und es gehörte eine Reihe von Forschungen dazu, welche fast 40 Jahre Zeit einnahmen, bevor man den Schlüssel zu diesen Unregelmäßigkeiten fand. Dieser Schlüssel heißt „Diamagnetismus“, ein Capitel, das uns nach Abhandlung des Elektromagnetismus beschäftigen wird, wovon wir jedoch hier sagen wollen, daß diamagnetische Körper solche sind, welche dem Anschein nach von beiden Polen eines Magnets abgestoßen werden. Daher ihre Querstellung, die man die äquatoriale nennt (wiewohl der Ausdruck gewiß falsch ist, da er eine Kugel voraussetzt); zum Unterschiede von der Stellung anderer Körper in der Richtung der Axe der anziehenden Magnete, welche die axiale Stellung

heißt. Normal und transversal scheinen bessere Ausdrücke zu sein, da es jedoch nicht auf den Ausdruck, sondern auf das, was man darunter versteht, ankommt, so werden wir uns jener gebräuchlich gewordenen Ausdrücke gleichfalls bedienen.

Hansteen's Entdeckungen.

Der mit einem seltenen Forschungsgeist begabte Mann, den die Ueberschrift nennt, dehnte seine Versuche über die magnetische Polarität weiter aus als man bisher gethan, auch war seine Methode eine andere. Coulomb ließ die zu untersuchenden Körper zwischen Magneten schwingen, Hansteen ließ die Magnete an den zu untersuchenden Körpern schwingen.

Genau genommen müssen die beiden Methoden ganz dasselbe geben und so kam es auch heraus; Hansteen's Untersuchungen waren aber viel praktischer und konnten viel in's Großartige gehen; wenn Coulomb ein Schwefelhölzchen von ½ Zoll Länge in seine Torsionswage brachte, so legte Hansteen den ganzen Tannenbaum, aus dem es gemacht wird, hinein; wenn Coulomb einen ähnlich kleinen Cylinder von Sandstein der Prüfung unterwarf, so nahm Hansteen die Kirche von Notre-Dame in Paris dazu und dennoch waren seine Versuche viel leichter anzustellen, auch bei Weitem weniger zart und unsicher.

Hansteen beobachtete eine am Seidenfaden aufgehängte kleine, aber gut magnetisirte Nadel, frei von jedem anderen Einflusse als den des Magnetismus und zählte nun ihre Schwingungen in einer gewissen Zeit. Er brachte dann den verwandten Pol eines Magnets in die Nähe der Nadel und zählte abermals, wie viele Schwingungen sie machte. Waren es zuerst 100 in 5 Minuten und jetzt in derselben Zeit 120, so konnte er mit Recht sagen, der genäherte freundschaftliche Pol des neuen Magneten beschleunigt die Bewegung der Nadel um 4 Schwingungen in der Minute; kehrte er nun den Stab um, so daß die feindlichen Pole des Magneten einander gegenüber standen und machte unter diesen Umständen nun die Nadel 80 Schwingungen, so war die natürliche und richtige Schlußfolgerung diese: der feindliche Pol hebt von der magnetischen Einwirkung der Erde soviel auf, daß dieselbe in 5 Minuten 20 Schwingungen weniger macht, er verzögert die Schwingungen.

Gesetzt nun, die Annäherung der Nadel an irgend einen Körper hätte dieselbe Wirkung, sie, die sonst 100 Schwingungen in 5 Minuten machte, vollzieht jetzt in derselben Zeit 110 oder 115, so wird man mit vollkommenem Rechte sagen können, der geprüfte Gegenstand wirkt beschleunigend auf den Gang der Nadel, er ist also magnetisch im freundlichen Sinne.

Aehnliches läßt sich aus der Verzögerung herleiten. Wird der Gang der Nadel durch Annäherung an irgend einem Körper verzögert, macht sie statt 100 Schwingungen nur etwa 70 oder 90, so wird geschlossen werden können, der Gegenstand sei magnetisch im feindlichen Sinne und zwar bei 70 Schwingungen stärker, bei 90 weniger stark als der zum Fundamentalversuch angewendete wirkliche Magnet.

Mit diesem Instrument wanderte nun Hansteen in Wald und Feld, in Gebirg und Thal umher und prüfte alle Bäume, alle Felsen, die Masten der Schiffe und die Säulen der Tempel und er fand, daß Alles was aufrecht stand, entschieden magnetisch sei. Auch wußte er auf eine so ingeniöse als einfache Weise die Wirkung der freundlichen und feindlichen Pole zu vermitteln.

Wenn er fand, daß ein schöner Tannenbaum von 150 Fuß Höhe unten den südlichen Magnetismus seiner Nadel beschleunigte, so hätte er nun auf die Spitze der Tanne steigen müssen, um zu sehen, ob dort ebenso der südliche verzögert werden würde.

Er wußte diese beiden Versuche zu verringern. Er stellte sich mit seiner Magnetnadel zuerst auf die Südseite des Baumes oder sonstigen Gegenstandes von großer Längenausdehnung und wenn er nun gefunden hatte, daß der Gang der Magnetnadel verzögert wurde, daß sie statt 100 Schwingungen nur 92 machte, wenn er dadurch entdeckt hatte, daß der untere Theil des aufrecht stehenden Gegenstandes Nordmagnetismus enthalte, so ging er nunmehr mit derselben Nadel auf die Nordseite desselben Gegenstandes, um zu sehen, ob er nun auf die ihm zugerichtete Südhälfte der Nadel denselben oder einen anderen Einfluß üben würde. Im ersten Falle konnte unmöglich Magnetismus die Ursache der beidesmaligen Verzögerung der Schwingungen sein, denn dieser wirkte allemal auf einen Magnetpol abstoßend, dagegen immer anziehend mit demselben Ende gegen den anderen Magnetpol.

Dies fand auch Hansteen. Die auf der Nordseite des Baumes stehende, also mit ihrer Südhälfte gegen ihn gerichtete Nadel ward genau in derselben Weise beschleunigt, als sie auf der Südseite stehend verzögert wurde, sie machte auf der Nordseite 108 Schwingungen in 5 Minuten.

So ermittelte dieser tüchtige Naturforscher, daß alle aufrecht stehenden Gegenstände, wenn ihre Masse hinlänglich ausgedehnt war, auf die Nadel wirkten und daß es keine andere Kraft als die magnetische sei, welche dies bewirke. In manchen Körpern, z. B. den Eichen unter den Hölzern, dem Grünstein und dem Serpentin unter den Felsmassen, war die magnetische Kraft so stark, daß sie bei hinreichender Nähe die Nadel um mehr als das

Doppelte in ihrem Gange beschleunigte, ja daß sie in der geeigneten Stellung gegen dieselbe wohl gar die Magnetnadel umkehrte, den Südpol derselben so stark anzog, daß er nach Norden wies.

Diese Thatsachen waren sehr geeignet, die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich zu ziehen, denn sie verallgemeinten den Magnetismus auf eine nicht geahnte Weise; der Erfolg hat denn auch gelehrt, daß alles das von Coulomb, Seebek, Hansteen und anderen Männern der Wissenschaft Ermittelte nicht auf Täuschung beruhte, sondern daß man durch Thermomagnetismus und Elektromagnetismus jene Resultate noch in einem hohen Grade weiter ausgebreitet fand.

Magnetismus der Erde.

Wir haben bis jetzt immer von der Wirkung eines oder zweier Magnete auf einander gesprochen, nicht aber die Ursache beleuchtet, warum ein einzelner freischwebender Magnet stets nach einer Gegend der Erde sich richtet, als ob dort irgendwo ein großer Magnet vorhanden wäre, was jedoch sicher nicht der Fall ist, da man sowohl den magnetischen Nord- als Südpol erreicht und nichts von magnetischem Gestein gefunden hat.

Die Erscheinungen an den verschiedenen Nadeln oberflächlich beobachtet, würden sich allerdings dadurch erklären lassen, daß ein mächtiger Magnet von 1630 Meilen Länge und etwa 20 Meilen Dicke ungefähr von Pol zu Pol durch die Erde ginge, aber auf solchen Unsinn wird wohl schwerlich ein vernünftiger Mensch kommen. Sollte dagegen die richtende Kraft in jedem Theile der Erde stecken, so müßte jeder Fleck Erde von 4 Kubikfuß eine stärkere magnetische Kraft haben als ein Magnetstab von gutem Stahl und von 1 Pfund Gewicht. Da wir aber in unseren verschiedenen Fels- und Steinarten, die zu Quadern, zu Säulen und Blöcken geformt, Jedem zugänglich sind, Stücke unserer Erde gesondert vor uns haben, welche den Inhalt von 4 Kubikfuß hundert und mehrmal enthalten, so können wir hieran finden, daß sie eine solche magnetische Kraft nicht besitze und hieraus auf das Uebrige als gleichfalls nicht magnetisch schließen; aber bei genauerer Betrachtung der Erscheinungen, die durch den Erdmagnetismus hervorgebracht werden, finden wir, daß diese Erscheinungen eine solche Art von Magnetismus nicht nur nicht verlangen zur Erklärung, sondern daß sogar die Erscheinungen dadurch gar nicht erklärt werden würden. Solch ein Magnetischsein der Erde setzt eine feste und beständige Stellung der Nadel im Sinne dieses Magnetismus voraus; diese feste Stellung findet jedoch durchaus nicht statt, die Magnetnadel verändert ihre

Richtung täglich, jährlich und in einer mächtigen Schwingung von mehr als 40 Graden im Laufe der Jahrhunderte.

Der magnetische Meridian.

Denkt man sich durch beide Pole der Erde und den Punkt, auf welchem man steht, eine lothrechte, mit der Stellung des Menschen parallele Ebene gelegt, so heißt diese Ebene der Meridian des Ortes oder Punktes. Es ist begreiflich an jedem anderen Orte der Erde, ost- und westwärts genommen, der Meridian ein anderer, darum spricht man von dem Meridian von Berlin, von Petersburg, von Paris, oder wie man früher viel vernünftiger that, von einem Meridian von Ferro, einer Insel im atlantischen Meere, gewissermaßen die westlichste Spitze der drei alten Welttheile, wonach alle Karten gemacht wurden, während jetzt jede Karte die Meridiane ihres Geburtslandes trägt, was wegen der ewigen oft verwickelten Reductionen sehr unbequem ist.

Dies ist der geographische Meridian. Der magnetische Meridian ist nur in seltenen Fällen mit dem geographischen zusammen fallend, er wird bestimmt, indem man durch die beiden Pole einer freischwebenden zur Ruhe gekommenen Magnetnadel eine auf die Erdfläche senkrechte Ebene zieht.

Diese Bestimmung ist übrigens sehr schwer, denn eine recht gute, kräftig magnetisirte Nadel, welche nicht auf einem Stifte schwebt, sondern an einem Faden hängt, ist niemals in Ruhe, sie macht unaufhörlich die pendelartigen Schwingungen, welche ein Jeder an einer Boussole oder einem Compas gesehen hat, nur sind diese Schwingungen allerdings so klein, daß sie schwer mit bloßem Auge beobachtet werden können. Bevor wir jedoch zur Betrachtung dieses kostbaren, aber auch unschätzbaren Apparates gehen, müssen wir erst die einfacheren Instrumente, Compas und Boussole, kennen lernen.

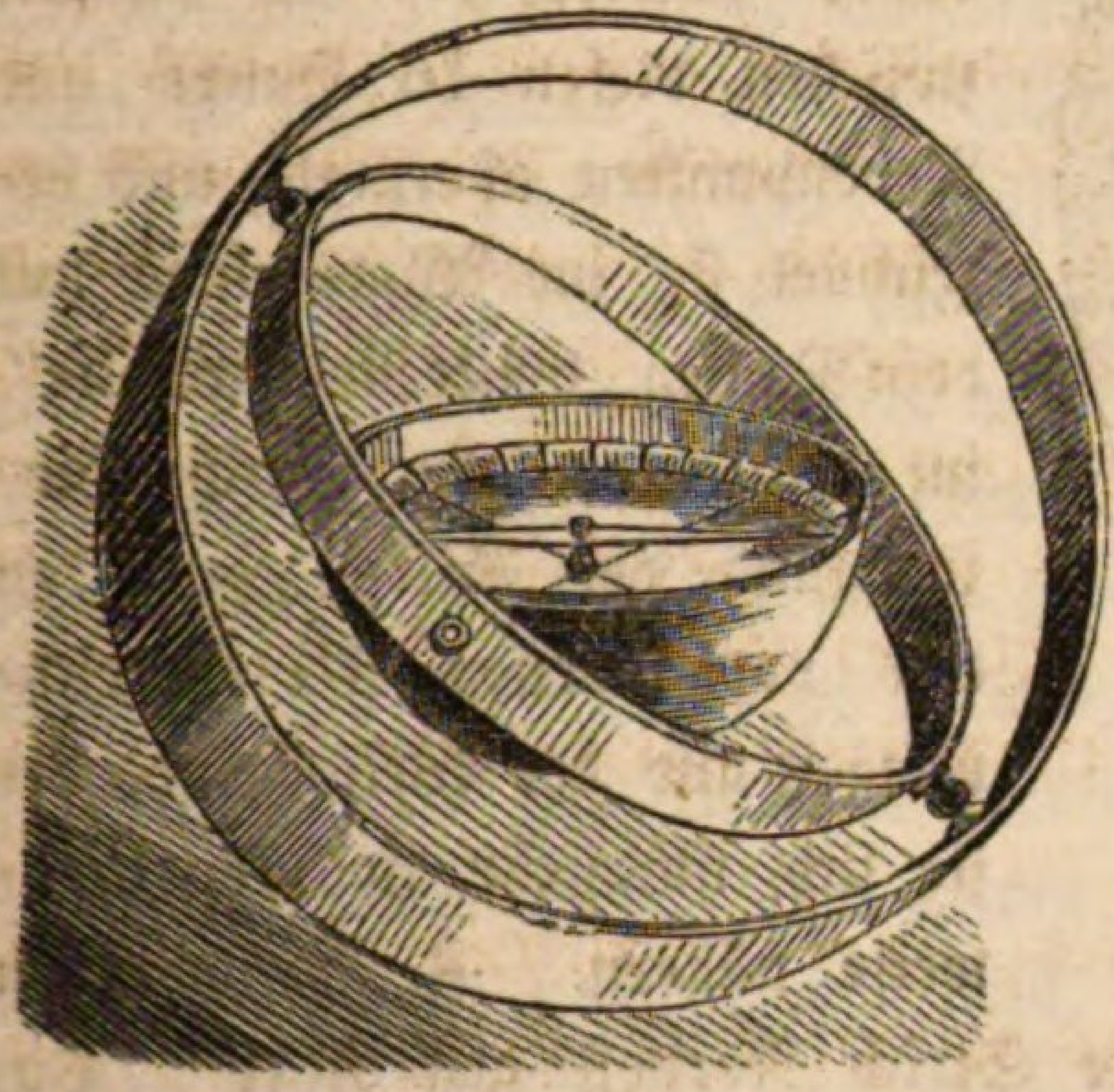
Der Compas.

Seite 184 haben wir zwei verschiedene Formen der Magnetnadel kennen gelernt. Wenn man eine metallene Dose, 1 Zoll im Durchmesser größer als die Nadel lang ist, in der Mitte mit einem sehr fein gespitzten Stifte versieht, und an dem Rande der Dose, in der Höhe in welcher die Nadel schwebt, einen flachen Ring der in Grade eingetheilt ist anbringt, so hat man einen Compas fertig. Gewöhnlich deckt man oben auf die Dose eine Glastafel, welche durch einen Drahtring befestigt ist.

Soll der Compas auf dem Schiffe angewendet werden, so erleidet er einige Veränderungen, welche theils das Schwanken des Schiffes nothwendig macht, welche theils auch in der Gewohnheit der Seefahrer liegen.

Die Dose (gewöhnlich 6 Zoll im Durchmesser) wird an ihrer unteren Seite durch Blei ungewöhnlich schwer gemacht und abgerundet, so daß sie halb kugelförmig wird. An zwei sich gegenüberstehenden Stellen sind ein paar aus Messing gedrehte Axen befestigt, welche in Zapfenlagern eines starken messingnen Ringes ruhen. Die Boussole kann mithin zwischen den Axen Schwingungen machen wie der Perpendikel einer Uhr; wenn das Schiff also von einer Seite zur anderen schwankt, so kann trotz dessen die Seite der Boussole, welche wir sehen, immer oben bleiben. Allein das Schiff kann ja auch anders schwanken, es kann seinen Vorderbug tiefer in das Wasser tauchen und dann damit von der nächsten Welle gehoben wieder aufwärts steigen, indeß das Steuer tief in das Wasser sinkt; deshalb hat der Ring gleichfalls zwei Zapfen, aber genau um einen Viertelkreis von den Zapfenlöchern für die Zapfen der Boussole entfernt.

Fig. 92.

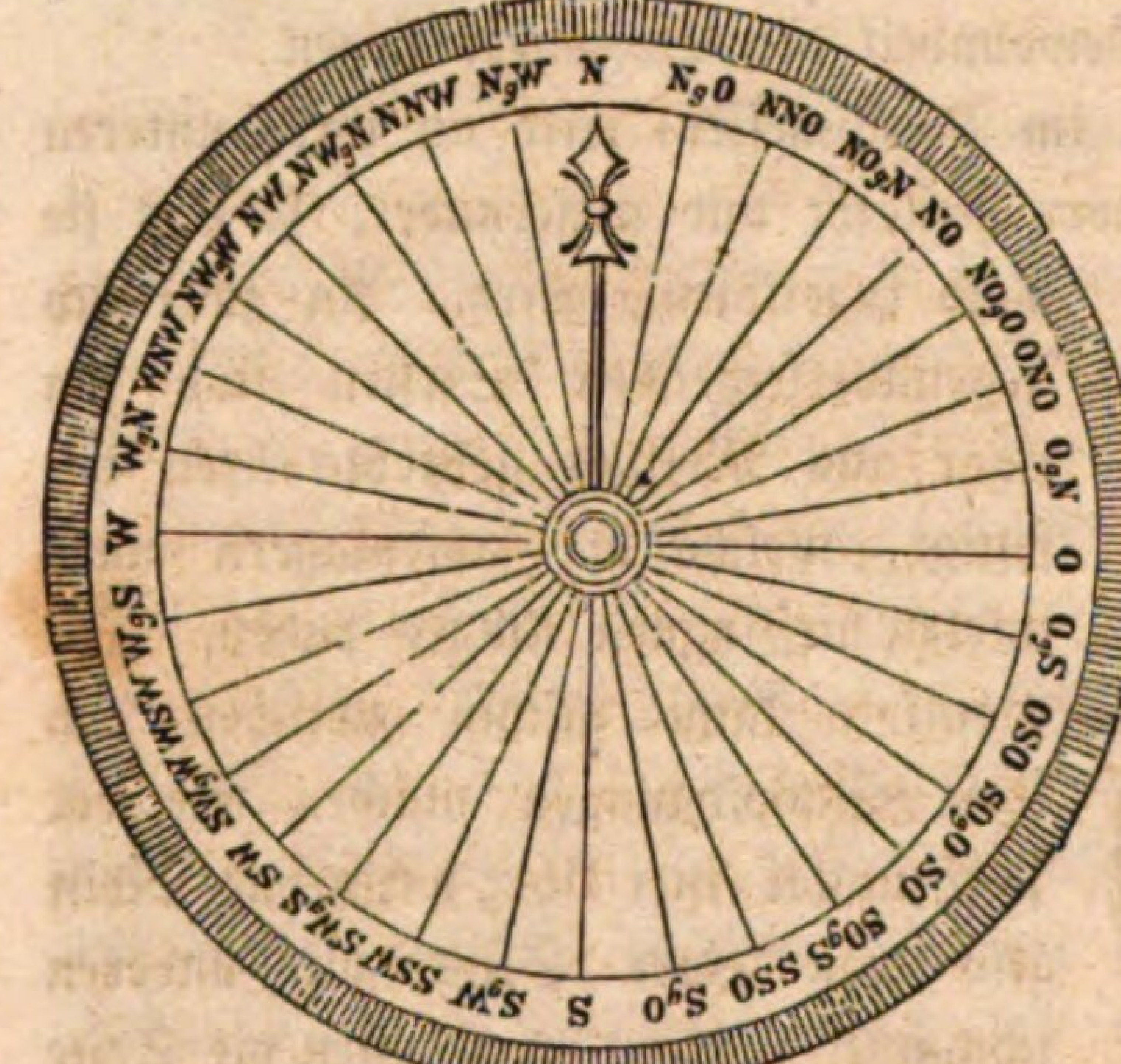


Nunmehr mag das Schiff schwanken wie es will, die obere Fläche der Boussole wird immerfort oben und noch überdies horizontal bleiben, sie selbst aber wird niemals schwanken oder eine sichtbare Pendelbewegung machen, wiewohl sie dergleichen immerfort nach allen erdenklichen Richtungen macht. Da sie jedoch durch die Art der Aufhängung den Schwankungen des Schiffes entgegengesetzt sind, so gleichen sie sich zur scheinbar völligen Ruhe der Boussole aus. Die andere Einrichtung, welche nur auf der Gewohnheit der Seefahrer beruht, ist die Befestigung der Windrose Fig. 93 an der Magnetnadel und zwar so, daß der mit *N* bezeichnete Punkt, der Pfeil, über dem Nordpol der Nadel befindlich ist. Das mittelste Sternkreuz, aus vier Strahlen bestehend, zeigt die Punkte Nord, Ost, Süd und West an. Diese heißen die Cardinalpunkte oder Hauptpunkte. Zwischen diesen schalten sich vier andere Strahlen ein mit *NO*, *NW*, *SO* und *SW*, Nordost, Nordwest, Südost und Südwest, sie heißen die ersten Nebengegenden.

Zwischen diesen acht Strahlen sind ebenso viele Zwischenräume, halbirt man dieselben, so erhält man acht zweite Nebengegenden mit den Bezeich-

17*

Fig. 93.



nungen *NNO*, *ONO* (Nordnordost, Ostnordost) u. s. w.; es giebt mit den Haupt- und ersten Nebengegenden sechszehn Windstriche. Der Seemann ist jedoch gewohnt, 32 Winde zu zählen, daher halbirt er die Räume zwischen diesen 16 Haupt- und Nebenpunkten abermals und bezeichnet sie im Allgemeinen mit dem Namen „dritte Nebenpunkte“, im Einzelnen aber durch Hinzufügung der Silbe „gen“ zu den vorhandenen 16 Bezeichnungen und der Weltgegend, der sie sich nunmehr noch vorzugsweise nähern. Z. B. zwischen Nordost und Nordnordost heißt der neue Strich Nordost gen Nord. Dagegen der zwischen Nordost und Ostnordost Nordost gen Osten genannt wird. Man sieht leicht, wie sich diese Bezeichnung rund um die Windrose fortsetzen läßt.

Die Boussole.

Die Boussole, welche auf dem Lande gebraucht wird und den eben angeführten Namen vorzugsweise trägt, bedarf eines solchen Gehänges in zwei Ringen (von seinem Erfinder Cardanus das Cardan'sche Gehänge genannt) nicht; die Windrose ist auch nicht auf Papier gezeichnet an der Nadel befestigt, sondern sie befindet sich auf der Metallplatte am Boden der Dose und die Magnetnadel schwebt über derselben.

Der Boden dieser Metalldose, worin Gradring und Nadel befindlich ist, verlängert sich nach zwei entgegengesetzten Richtungen zu einem etwa 2 Zoll breiten Streifen, an dessen Enden in einem Charnier beweglich (bloß des bequemeren Einpackens wegen, sonst wäre es zweckmäßiger, wenn keine Bewegung stattfände), zwei Diopteru angebracht sind, damit man mittelst derselben eine Linie aufnehmen und den Winkel genau messen könne, den sie mit der Richtung der Magnetnadel macht.

Das Instrument ist jetzt ziemlich aus der Mode; für den gewöhnlichen Gebrauch hat man einfachere, minder kostspielige Apparate und für genaue

Vermessungen ist es nicht geeignet, man bedient sich dabei gewöhnlich des Theodolithen.

Abweichung der Magnetnadel.

In beiden Fällen wird die Magnetnadel (nämlich als Compas und als Boussole) zum Winkelmeßinstrument gemacht, das ist sie jedoch nicht, denn es setzt voraus, daß die Abweichung der Magnetnadel vom wahren Norden immer dieselbe sei. Dieser Irrthum ist durch die Seefahrer längst als ein solcher erkannt und es giebt Tafeln, in denen die Abweichung für eine große Menge von Linien und Punkten bestimmt ist, der Seefahrer sich also vor dem gefährlichen Irrthum, den wahren Norden nicht zu kennen, bewahren kann. Die Geometer aber auf dem Lande nehmen hierauf wenig Rücksicht und dies mag der Grund der vielen Fehler in unsern Landkarten sein; denn wer mit einer in Berlin gefertigten Boussole, auf welcher gewöhnlich unsere jetzige Abweichung angegeben ist, 17 Grad westlich, nach Königsberg oder nach Aachen geht, der wird Irrthümer von 3 bis 4 Grad in der geographischen Orientirung der Orte begehen, denn in Aachen ist die Abweichung der Magnetnadel 20 Grad, in Königsberg beträgt sie 13 Grad.

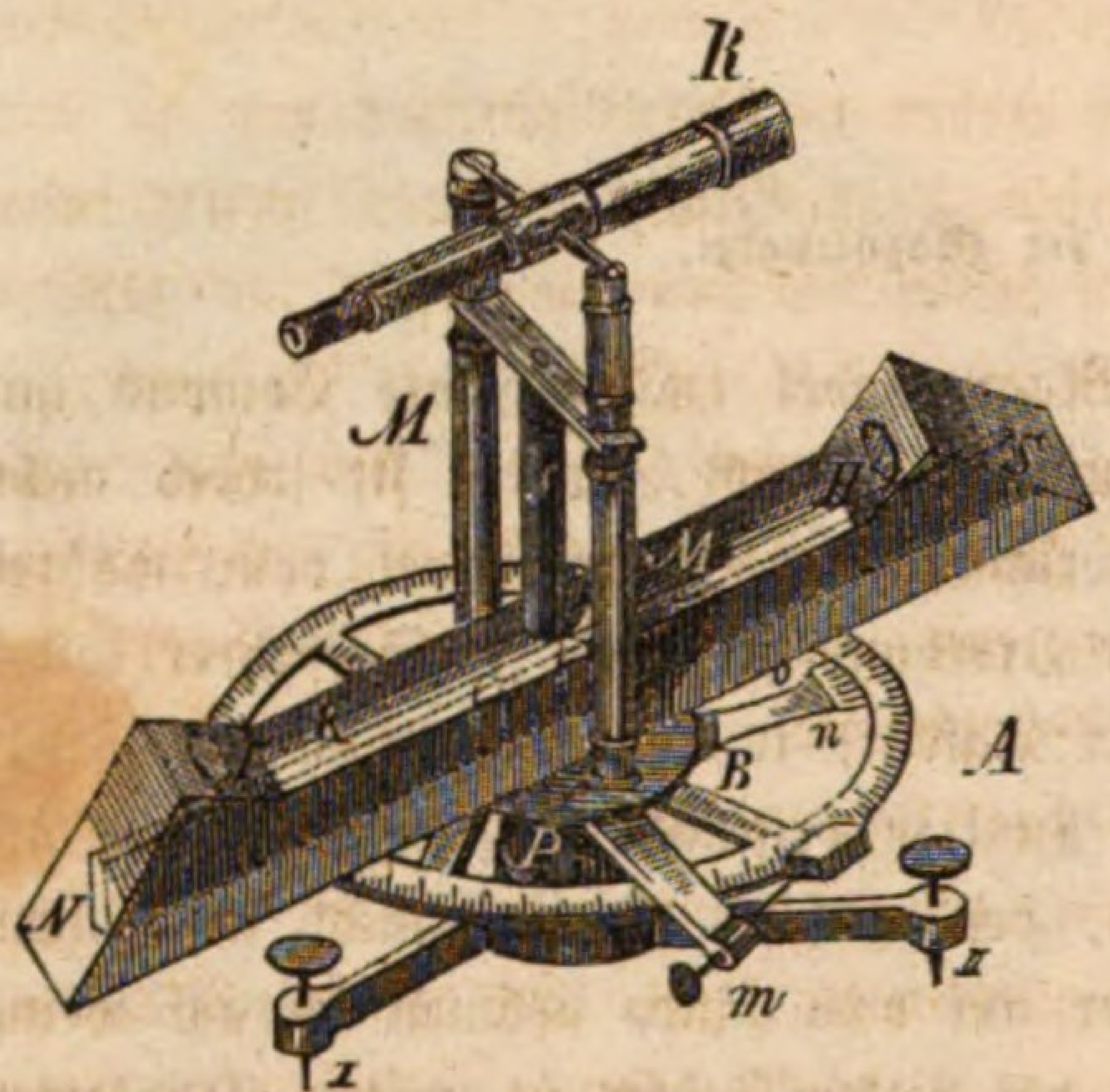
Zu Bestimmungen der Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus wirkt, zur Bestimmung ferner der zu- oder abnehmenden Richtung nach Norden sind dergleichen unvollkommene Apparate gar nicht brauchbar und es sind von Borda, Humboldt und Gaus Abänderungen angegeben worden, aus denen man die jetzigen vortrefflichen Instrumente, die Magnetometer, gebildet hat.

Das Magnetometer.

Das Wesentliche daran (welches natürlich nach den speciellen Zwecken und den Räumlichkeiten, über die man zu gebieten hat, wechselt) ist Folgendes: man wähle sich eine möglichst große Räumlichkeit, eine Stube, einen Saal, ein Gartenhaus zum Beobachtungsorte. In der Mitte hänge man einen sehr gleichmäßig gearbeiteten, gut magnetisirten Stab von gehärtetem Stahle auf, an ungedrehten Seidenfäden, wie man sie vom Cocon bekommt, und so vielfach genommen als nöthig, damit die Fäden auch noch das doppelte Gewicht tragen können, ohne zu reißen.

Nach der Größe der Räumlichkeit wird der Magnetstab *NS* Fig. 94 von 1 Pfund bis zu 25 Pfund wiegen können. Er hängt in einem Glaskasten *NKMHS*, welcher sehr beschränkt sein darf, denn es handelt sich gar nicht

Fig. 94.



darum, daß der Stab ganze Kreisschwingungen mache, sondern nur, daß er ungestört ein paar Grade östlich oder westlich abweichen könne. Da wo der Seidenfaden um ihn geschlungen, ist die Decke des Kastens durchbohrt, und es steht zwischen den Messingsäulen *M M* eine Glasröhre *F* darauf, in welcher der Seidenfaden hängt, welcher die Röhre nirgends berühren darf. Eine Metallplatte, welche die Röhre oben bedeckt und auf den beiden Säulen ruht, hat in der Mitte einen Haken, um den Seidenfaden daran befestigen zu können.

An der vorderen Seite des Magnetstabes, der immer parallelpipedisch ist (wie ein Lineal gestaltet mit lauter rechtwinkligen Seiten), befestigt man auf möglichst sichere und unverrückbare Weise einen feinen Planspiegel, in welchen man durch die schmale Wand des Glasgehäuses *N* oder *S* sehen kann.

Dies ist das Wesentlichste an dem Instrumente, welches danach sehr einfach genannt werden muß; die Fig. 94, welche uns vorliegt, ist jedoch keineswegs so einfach und dies liegt theils in der unglückseligen Mode, welche ihren Einfluß sogar bis hierher erstreckt, theils in dem Eigensein der Mechaniker, nichts in seiner Einfachheit und Vollkommenheit zu lassen, hauptsächlich weil es alsdann zu wenig kostet.

Der vorliegende englische Magnetometer ruht auf einem getheilten Kreise und ist auf demselben drehbar, der Zeiger *no* hat einen Nonius und giebt dadurch die Stellung des Kastens auf dem Kreise sehr genau an, welches sehr überflüssig ist. Bei *m* befindet sich die Mikrometerschraube, um die Bewegung des Kastens zu lenken. *P* ist die schwere Hauptaxe des Instruments, auf welcher der Kreis fest und der Glaskasten beweglich ist. Derselbe wird von drei Armen *P I* und *P II* getragen (der dritte muß als hinter dem Instrumente stehend gedacht werden), *I* und *II* sind Stellschrauben, welche dienen, um den Kreis und den Kasten horizontal zu stellen. Da es jedoch nur auf das freie Aufhängen des Magnetstabes und auf die Regelmäßigkeit desselben in der Bearbeitung wie in dem Magnetisiren ankommt, die Stellung des Kastens aber (falls er nur die freie Beweglichkeit des Stahlstabes nicht hindert) ganz gleichgültig ist, so sind Kreis, Nonius,

Fuß und Stellschrauben nur insofern von Nutzen, als sie dem Mechanikus 20 bis 40 Pfund Sterling eintragen.

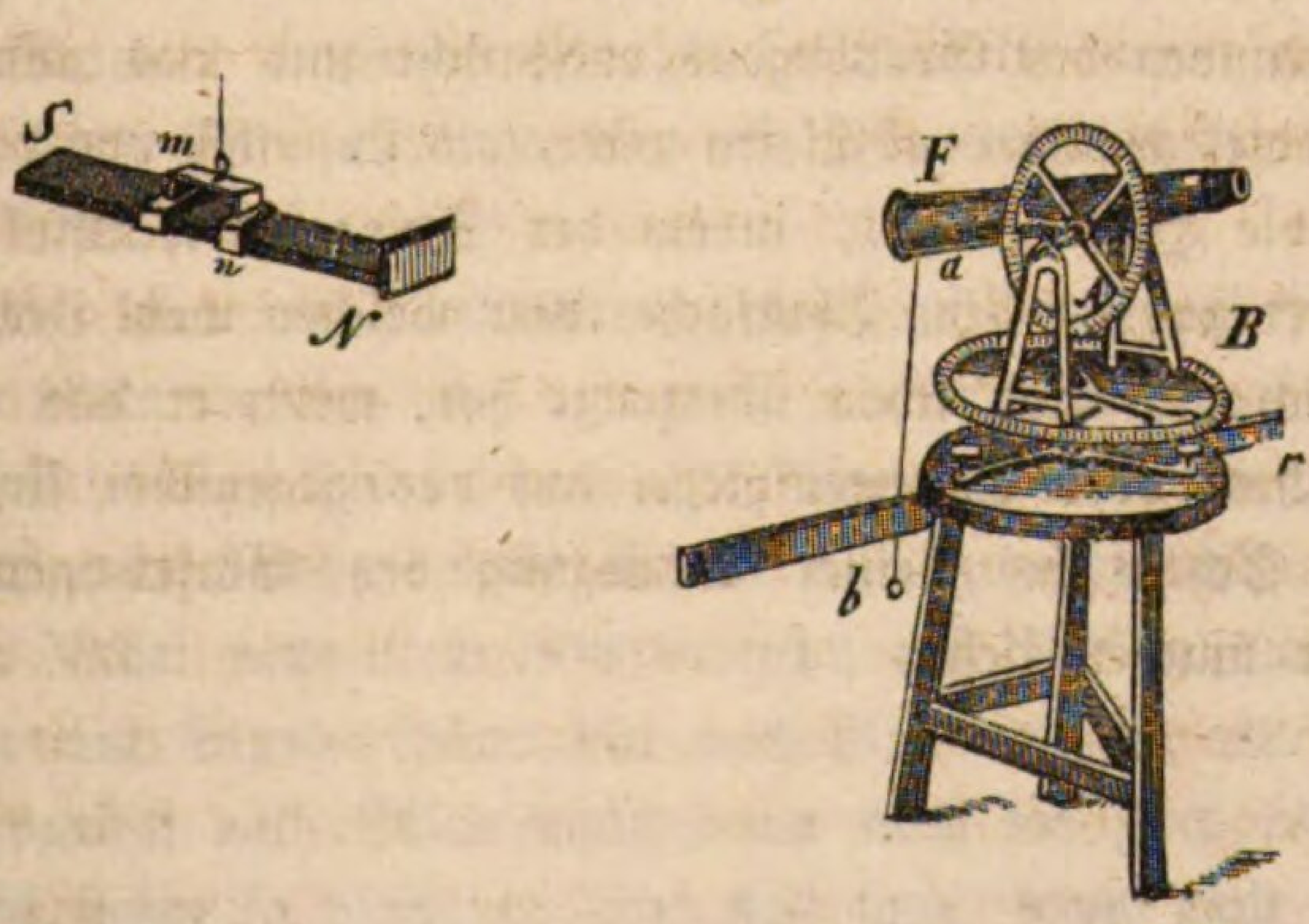
Ueber den Säulen, welche den Faden in der Glasröhre und an ihm den Magnetstab tragen, ist ein Fernrohr *k* angebracht, vermöge dessen man den ganzen Apparat genau orientiren kann, welches gleichfalls nur kostbar aber nicht vonnöthen ist.

Es folgt nunmehr noch die Beobachtungsweise. Man liest hier nämlich nicht Grade unmittelbar an der Magnetnadel und dem sie umgebenden Kreise ab, denn hierdurch würde wenig gewonnen sein — der Gradbogen bei einer gewöhnlichen Nadel hat 6 Zoll Durchmesser — er könnte hier vielleicht 18 Zoll bekommen, man würde also statt halber Grade 1/8 oder 1/12 Grad unterscheiden können, das genügt nicht; zudem müßte man in die Nähe des Tisches treten, auf welchem das Magnetometer steht, dies würde Erschütterungen, Schwankungen des Instrumentes geben, lauter Dinge die man vermeiden will, man beobachtet folglich aus möglichst großer Entfernung. 10 Fuß oder 100 Schritt von dem Spiegel an dem Magnetstabe und demselben gerade gegenüber, daß man sein Bild in dem Spiegel sehen kann, befestigt man an der Mauer des Saales oder an der Gartenmauer eine Gradeintheilung — jetzt gewöhnlich ein französiches Metremaaß in 1/10, 1/100 und 1/1000, in Deci-, Centi- und Millimetre getheilt — und stellt dahinter oder daneben ein Fernrohr auf, welches man so weit ausziehen können muß, daß man die ganze Eintheilung deutlich sieht.

Beobachtungen mit diesem Instrument.

Die hier stehende Fig. 95 zeigt diese Beobachtungsweise. Wir sehen in *SN* den Magnetstab, welcher nicht durchbohrt, sondern bei *mn* mittelst

Fig. 95.



eines kleinen Schlittens aus Messingblech und eines ungedrehten Seidenfadens aufgehängt ist und bei *N* den Spiegel trägt.

In der möglichst größten Entfernung, welche der Saal oder der Garten gestattet, ist ein dreibeiniger Tisch aufgestellt, an welchem die Scala *vr* befestigt ist (kann man es möglich machen, so bringt man sie lieber an einer Gartenmauer an, weil sie hier einen viel sicherern Standpunkt hat). Auf dem Tische steht ein einfaches Fernrohr (die Fig. 95 zeigt einen Theodolithen, ein solcher ist natürlich sehr gut brauchbar, seine Ausstattung mit Horizontal- und Verticalkreis ist jedoch für den gegenwärtigen Zweck ganz überflüssig, jedes mäßig gute Fernrohr, welches einen Fuß hat, um aufgestellt werden zu können, thut dasselbe).

Von dem Fernrohr *F* hängt ein Faden *ab* mit einem Bleikügelchen herab, so daß er vor der Scala steht. Dies Bleiloth bezeichnet den Nullpunkt derselben, von hier fängt man rechts und links zu zählen an. Das Fernrohr und die darunter befindliche Gradleiter müssen so gestellt sein, daß der Beobachter, durch das Rohr nach dem Spiegel, den der Magnetstab trägt, sehend, das Bild der Scala erblickt. Wenn dies so angeordnet ist, sieht man nunmehr darauf, den Faden des Pendels so anzubringen, daß eine Linie von ihm nach dem Aufhängungspunkt der Nadel gezogen mit dem magnetischen Meridian des Ortes zusammenfällt.

Nunmehr ist Alles zu den genauesten Untersuchungen vorbereitet und man sieht durch das Fernrohr in den Spiegel und beobachtet die Schwingungen der Nadel. Dem bloßen Auge des bei der Nadel Stehenden wird sie ruhig zu stehen scheinen, demjenigen der das Bild der Metre-Scala in dem Spiegel beobachtet, wird unaufhörlich hin- und hergehend der Spiegel andere Zahlen der Scala zeigen, zum Beweise, daß sie nie ruhig steht. Allerdings wird selbst in dem Falle, daß die Scala 100 Schritt von der Nadel entfernt ist, die Schwankung kaum ein Centimetre betragen, was ungefähr 30 Secunden des Gradbogens entspräche und was unmittelbar an der Nadel um soviel weniger abzulesen wäre, als sie selbst von dieser kleinen Bewegung nur die Hälfte macht, indem der Spiegel den Winkel, welchen sie zurücklegt, verdoppelt. Eine Thatsache, von welcher wohl Jeder der Leser dieses Buches sich als Kind schon überzeugt hat, wenn er das Sonnenlicht durch einen Taschen- oder Toilettenspiegel auf das gegenüber liegende Haus warf und den Schein bei kleiner Bewegung des Glases gewaltige und schnelle Sprünge machen ließ.

Regelmäßigkeit der Bewegungen.

Die Beobachtung zeigt, daß diese kleinen Bewegungen durchaus nicht willkürlich oder zufällig, sondern daß sie stets wiederkehrend und in der Abwechselung, welche dabei wahrgenommen wird, höchst regelmäßig wiederkehrend sind. Das Wie läßt sich sehr schwer beschreiben, um so schwerer, als man durch Zeichnung der Beschreibung nicht zu Hülfe kommen kann, doch wollen wir es versuchen.

Wir fangen die Beobachtung des Morgens um 4 Uhr an und haben uns mit ein paar Freunden verabredet, daß wir 8 Tage lang unaufhörlich die Schwankungen der Nadel durch das Fernrohr verfolgen und uns deshalb von Stunde zu Stunde ablösen wollen. Es wird uns nicht gar so schwer werden, denn es ist der schönste Sommer.

Die Magnetnadel zeigt gerade auf die Mitte der Scala und geht von 500 bis auf 503 Millimetre, bleibt eine kurze Zeit, wie sich besinnend ob sie weiter soll oder nicht, stehen, dann kehrt sie um, geht sehr langsam zurück bis 502, etwas schneller bis 501, am schnellsten über 500 hinweg; dann geht sie ein klein wenig langsamer nach 499, nach 498, noch langsamer nach 497, da bleibt sie stehen, nun kehrt sie um und macht denselben Weg wieder; nach einigen Malen wird man sehen, daß sie bei ihren Schwankungen schon die Zahl 503 überschreitet und beim Rückkehren die Zahl 497 nicht erreicht. Die Sonne ist indessen aufgegangen, nach einiger Zeit geht die Nadel auf 504 und erreicht bei der Rückkehr nur noch 498; eine Stunde darauf schwankt sie zwischen 505 und 499, wieder eine Stunde später zwischen 506 und 500, und wenn es 2 Uhr geworden ist, so schwankt sie zwischen 512 und 506, sie hat bis jetzt eine immer steigende Zahl an der Scala erreicht und da diese von Osten nach Westen geht, so zeigt uns das an, daß die Nadel immer weiter westlich geht.

Wir setzen die Beobachtung fort und bemerken, daß die Nadel, nachdem sie ein paar Stunden in diesen Grenzen geschwankt, nicht mehr 512 erreicht, bald nur bis 510, 508 geht und kurz vor Sonnenuntergang wieder zwischen 503 und 497 steht.

Wir geben aber die Beobachtung nicht auf, weil wir schlafen wollen, das darf der Naturforscher nie, der muß immer wachen oder, da dies unmöglich ist, sich ablösen lassen durch einen Andern, der wacht während Jener schläft und welchem dann derselbe Dienst zurückgegeben wird. Da bemerkt man, daß die Nadel nicht mehr 503 erreicht, auf 502 kommt und nach 496 gelangt, dann eine Stunde später nur noch 501 erreicht, aber bis nach 495 vorschreitet, endlich nach Mitternacht kaum noch die Zahl 500 zeigt, wohl aber nach 494 geht; so bleibt sie eine Zeit lang, dann rückt sie wieder bis

über 500 hinaus, erreicht um 2 Uhr 501, um 3 Uhr 502 und schwankt um 4 Uhr wieder zwischen 503 und 497.

Perioden der magnetischen Oscillationen.

Schon an diesem einen Tage haben wir etwas gelernt, nämlich daß die Magnetnadel während des Tages bis hoch Mittag eine stets wachsende Abweichung nach Westen annimmt, daß diese allmählig wieder verschwindet und daß dieselbe sogar in eine rückgängige Bewegung verwandelt wird, dergestalt daß sie um und nach Mitternacht weiter östlich steht als am Morgen, wo man die Beobachtung begann.

Wiederholung dieser Beobachtungen wird dazu fügen, daß die Bewegung in der Nähe des Mittags und der Mitternachtszeit am stärksten, dagegen in den dazwischen liegenden Zeiten am schwächsten ist, mehrmalige Wiederholung wird aber noch etwas anderes zeigen, nämlich daß die westliche Abweichung zunimmt, daß die Nadel um Mittag nicht bei 512 umkehrt, sondern darüber hinausschreitet, dagegen 506 nicht mehr berührt, sondern zwischen 507 und 506 umkehrt; nach 8 Tagen ist 513 erreicht und die Nadel geht kaum mehr bis 507 zurück, nach noch 8 Tagen kommt sie um Mittag bis 514 u. s. w., zur Nachtzeit jedoch geht sie nicht mehr so weit östlich zurück als früher.

Wir haben hier absichtlich einen vollkommen regelmäßigen Verlauf zur Darstellung gewählt, weil das Gesetz sich daraus am besten erkennen läßt; wir sehen nämlich mit steigender Tageszeit und wachsender Wärme die Nadel täglich nach Westen gehen und mit der abnehmenden Wärme nach Osten zurückkehren; wir sehen aber auch, daß je höher wir in den Sommer hinein gelangen, je mehr dieses der Fall ist, die Abweichung immer stärker westlich wird.

Anomalien in den Schwingungen.

Eine große Menge Unregelmäßigkeiten werden dies sehr regelmäßig aufgestellte Zahlenverhältniß trüben, mehr oder minder hohe Temperatur, Regengüsse, Gewitter werden Einfluß auf die Schwankungen haben; allein den täglichen Gang nach Westen während der steigenden Tageswärme und nach Osten während der sinkenden Temperatur wird man nicht verkennen können und ebenso werden fortgesetzte Beobachtungen zeigen, daß Sommer und Winter von ganz gleichem nur weiter schreitendem Einflusse sind.

Was die westliche und östliche Abweichung betrifft, so müssen wir bemerken, daß unter dem östlichen Zurückgehen aus der westlichen Abweichung kein Hinausschreiten über den Nordpunkt wirklich nach Osten gemeint ist,

dies geht wohl auch aus der ganzen Darstellung hervor; allein um jedem möglichen Irrthume vorzubeugen, wollen wir nochmals sagen, daß wenn die Magnetnadel Anfangs auf 500 stand, bis 512 westlich schritt, und bis 494 östlich zurückgegangen ist, darunter nicht verstanden werden könne, sie habe den wahren Norden überschritten und zeige jetzt so und so viele Grade nach Osten, sondern nur: sie stehe von dem Beobachtungs*anfang* östlich. Ihre Stellung ist dabei immerfort eine stark westliche geblieben, sie zeigt auf 17 Grad, aber sie steht um Mittag 5—6 Minuten weiter westlich als 17 Grad und um 2 Uhr Morgens 6—8 Minuten weiter östlich von den 17 Grad, also 16 Grad und 52—54 Minuten westlich, immer aber westlich nur um einige Minuten mehr oder minder.

Säcularschwingungen.

Mit acht Tagen, ja mit einem Jahre selbst kann man die Beobachtungen jedoch nicht schließen, um soviel weniger als man hört und liest; die Abweichung war in Berlin im Jahre 1810 bis auf 21 Grad westlich gestiegen, sie war 1800 nur 20, 1750 nur 13, 1700 nur 5 Grad und 1600 über einen großen Theil von Europa 0, d. h. die Nadel zeigte nach dem wirklichen Norden; ja sie war 1550 gar eine östliche, die Nadel zeigte statt nach Norden, oder wie jetzt nach Nordwesten, so nach *Nordosten*.

Man wird hieraus Schlüsse auf eine großartige Schwankung der Magnetnadel machen, und fortgesetzte Beobachtungen haben seit 30 Jahren ergeben und würden in den nächsten Jahrhunderten ferner ergeben, daß zwar im Sommer immer eine starke Neigung der Nadel vorhanden ist, westlich und weiter westlich zu gehen, daß aber während des Winters die Nadel doch wieder soviel weiter östlich rückt, daß aus beiden Bewegungen eine Verminderung der westlichen Abweichungen sich herausstellt, und zwar durchschnittlich von 6 Minuten oder $1/10$ Grad jährlich, sowie zerstreute Beobachtungen seit langer Zeit ergeben haben, daß einstmals vor 4 Jahrhunderten eine Abweichung vom wahren Norden stattgefunden hat, die wirklich *östlich* gewesen ist und die wohl bis auf 20 Grad östlich gestiegen sein dürfte.

Im Laufe der letzten beiden Jahrhunderte war die Nadel im westlichen Vorschreiten begriffen, Anfangs dieses Jahrhunderts kam sie zum Stillstehen, jetzt ist sie im Rückschreiten auf Norden zu begriffen, wird denselben nach dem Jahre 2000 erreichen, wird bis zum Jahre 2250 über den Nordpunkt hinaus östlich abweichen und dann wieder zurückkehren, eine Schwingung machend, welche zwischen 4 und 5 Jahrhunderte fordert, um einmal vollendet

zu werden, und 9 Jahrhunderte, um die Nadel wieder da stehen zu sehen, wo sie an der einen äußersten Grenzen gestanden hat, d. h. die Stellung von 21 Grad westlich erreicht sie erst wieder etwa im Jahre 2720.

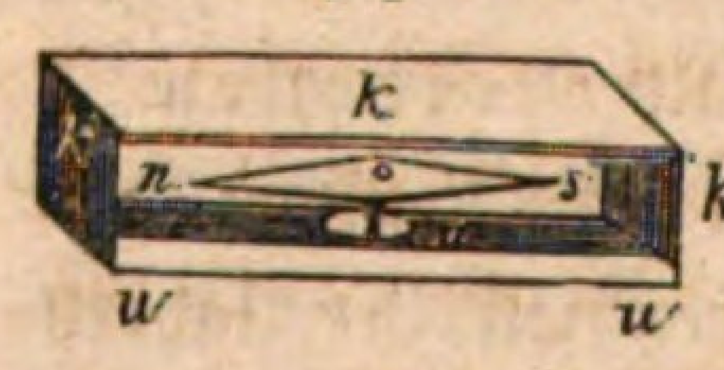
Diese mächtige Bewegung ist uns in ihren Grundursachen noch gänzlich unenträthselt. Man hat sie mit astronomischen Erscheinungen, mit der veränderlichen Richtung der Erdaxe gegen die Ebene der Erdbahn, mit der Vorrückung der Tag- und Nachtgleichen in Zusammenhang bringen wollen, allein das erscheint Alles sehr gezwungen und keineswegs genügend.

Vorläufige Andeutungen über den Thermomagnetismus.

Ein Anderes ist es mit den täglichen und jährlichen Schwingungen, diese finden in dem Temperaturunterschiede durch Tag und Nacht, durch Sommer und Winter ihre Erklärung und die Entdeckung dieser Thatsache danken wir dem gelehrten Physiker Seebek in Berlin.

Wenn man einen 8 Zoll langen Streifen Kupferblech mit einem 6 Zoll langen massiven Stück Wismuth *ww* zusammen löthet und den Streifen Kupferblech *kk* so biegt, daß er rechtwinklig mit dem Wismuth zusammen trifft, in seiner mittleren Ausdehnung aber parallel mit dem Wismuth läuft, wie die Fig. 96 zeigt, so erhält man einen Apparat, mit welchem sich die elektrischen und magnetischen Strömungen, welche durch die Wärme erregt werden, auf das Deutlichste veranschaulichen lassen.

Fig. 96.



Man bringe in der Mitte des Wismuthstabes einen Stift an, auf welchem die Magnetnadel *SN* sich frei bewegen kann, und stelle nunmehr den Apparat so, daß die beiden Streifen *ww* und *k* über und unter der Nadel, parallel mit ihr laufen, d. h. ungefähr von Norden nach Süden gehen. Dabei richte man die Aufstellung so ein, daß die Wismuthstange auf einem Tischchen ruht, welches kleiner ist als die Stange, damit die beiden Enden des Apparates darüber hinaus stehen.

Nehmen wir an, der Theil des Apparates *k* sei der nach Süden gerichtete und die Nadel zeige mit *N* dahin. Man nähere sich nun mit einem brennenden Schwefelhölzchen auf einen Augenblick der Löthstelle *kn*. Lange bevor diese eine der Hand bemerkbare Temperaturerhöhung haben wird, im Laufe einer Secunde wird man die Nordspitze der Magnetnadel westlich abweichen und zwar um 20 und mehr Grade abweichen sehen. Dies ist genau der Erscheinung entsprechend, welche wir bei der Magnetnadel täglich wahrnehmen — ein Ausweichen nach Westen mit der steigenden Tageswärme.

Lassen wir Alles zur Ruhe kommen, so stellt sich die Magnetnadel

wieder genau auf ihren früheren Standpunkt. Es sei die Temperatur des Zimmers 15—16 Grad, man nehme einen Eßlöffel voll Wasser, wie es der Brunnen giebt, gieße dieses auf die Löthstelle *kn* und augenblicklich wird sich durch die Erkältung dieses Theiles des Apparats eine Abweichung nach Osten kundgeben.

Hier ist die Verwandtschaft mit der, bei der großen Nadel bemerkten nächtlichen Abweichung nach Osten (d. h. weniger stark westlich als am Tage) nicht zu verkennen und wir befinden uns auf einem neuen und höchst interessanten Gebiete der Physik, auf dem des Thermomagnetismus. Wir haben die Thatsache vor uns, daß die Erwärmung der Berührungsstelle zweier verschiedener Körper magnetische Wirkungen hervorbringt, etwas wovon man vor einem halben Jahrhundert keine Ahnung hatte (im Jahre 1821 entdeckt), die magnetischen Wirkungen sind aber nicht die primitiven, sondern die secundairen, nicht die anfänglichen, sondern erst die Folgen der anfänglichen. Diese letzteren sind elektrische. Wenn man zwei verschiedene Metalle mit einander in Berührung bringt, so entsteht in beiden eine elektrische Spannung; hier ist bei *kn* eine metallische Berührung zwischen Wismuth und Kupfer, es werden die beiden Metalle mithin elektrisch werden. Dieselben Stücke aber berühren sich wieder bei *w* und so kann der daraus entstehende Strom nicht bemerklich werden. Sobald man aber *w* oder *kw* erkältet oder erwärmt (d. h. nicht beide Löthstellen zugleich, sondern e i n e o d e r die andere), so tritt der elektrische Strom ein; jeder elektrische Strom aber, der in einem elektrischen Leiter irgend einen Weg lang oder kurz zurücklegt, macht diesen Leiter querüber magnetisch und deshalb richtet sich die Magnetnadel, über welcher oder unter welcher solch ein Elektricitätsleiter seinen Strom hinwegführt, nach dem Magnetismus dieses Stromes entweder östlich oder westlich.

Was hier von Wismuth und Kupfer gesagt worden ist, gilt ebenso von Antimon und Kupfer oder überhaupt von je zwei anderen Metallen, gilt auch von Platin und Messing, von Silber und Wismuth, von Eisen und Neusilber, von Zink und Nickel; ja es brauchen nicht einmal Metalle zu sein, denn Arsenik, Graphit, Kohle, Bernstein, Bleiglanz geben dieselben Erscheinungen; ja es brauchen nicht einmal verschiedene Körper zu sein, schon e i n e r ungleichartig erwärmt zeigt dasselbe. Wenn man nämlich einen Metallstreifen, etwa von Kupfer, so biegt, wie der Apparat anzeigt, daß er ein längliches Viereck giebt, die Stelle aber (z. B. *kn*), wo die beiden Enden des Streifens zusammen kommen würden, n i c h t mit einander in Berührung bringt, sondern das eine Ende zuvor stark erhitzt und dann erst das andere Ende damit dauernd berührt, so wird eine empfindliche Magnet-

nadel durch ihre Bewegung sogleich einen elektrischen Strom verrathen. Ein Näheres hierüber wird uns die Lehre von dem Thermomagnetismus bringen.

Muthmaßlicher Zusammenhang zwischen dem Thermomagnetismus und dem Erdmagnetismus.

Wenn nun nicht geleugnet werden kann, daß auf der Oberfläche der Erde eine große Menge heterogener Stoffe mit einander fortwährend in Berührung sind, wenn nicht geläugnet werden kann, daß durch den Wechsel zwischen Tag und Nacht, zwischen Sommer und Winter, diese verschiedenen Körper durch die mächtigste Wärmequelle, die Sonne, in eine dauernde Temperaturdifferenz von 40 Graden und in eine täglich wechselnde von 10 bis 15 Graden versetzt werden; wenn wir aber sehen, daß schon eine Temperaturdifferenz von $\frac{1}{10}$, ja von $\frac{1}{100}$ Grad genügt, elektrische Ströme und durch diese magnetische Wirkungen hervorzubringen, so ist es durchaus natürlich, dieser Temperaturdifferenz sowohl die täglichen und jährlichen Abweichungen als überhaupt die Richtung der Magnetnadel zuzuschreiben und ganz von den früher versuchten Erläuterungen abzugehen, als da sind die Wirbel des Cartesius oder die Canäle und Klappen (Ventile) des Delancé und Du Fay oder der ursprüngliche Magnetismus, den die Erde als eisenhaltiger Körper haben soll ꝛc.

Auch jene an das Unerklärliche grenzende Thatsache, daß nur Eisen und seine Verbindungen mit Kohlenstoff und Sauerstoff magnetisch werden sollen, hat aufgehört eine Thatsache zu sein, nicht nur weiß man, daß Nickel und Kobalt auch noch magnetisch sind, sondern seit der Erfindung der Elektromagnete, d. h. Magnete von ungeheurer Kraft, und seit Coulomb's Versuchen auch ohne die starken elektrischen Kräfte, weiß man auch, daß alle Körper ohne Ausnahme dem starken magnetischen Strome folgen.

Endlich wird es anschaulich und dadurch begreiflich und faßlich zu machen sein, wie ein unmagnetisirter Stahlstab durch Streichen magnetisch gemacht werden könne.

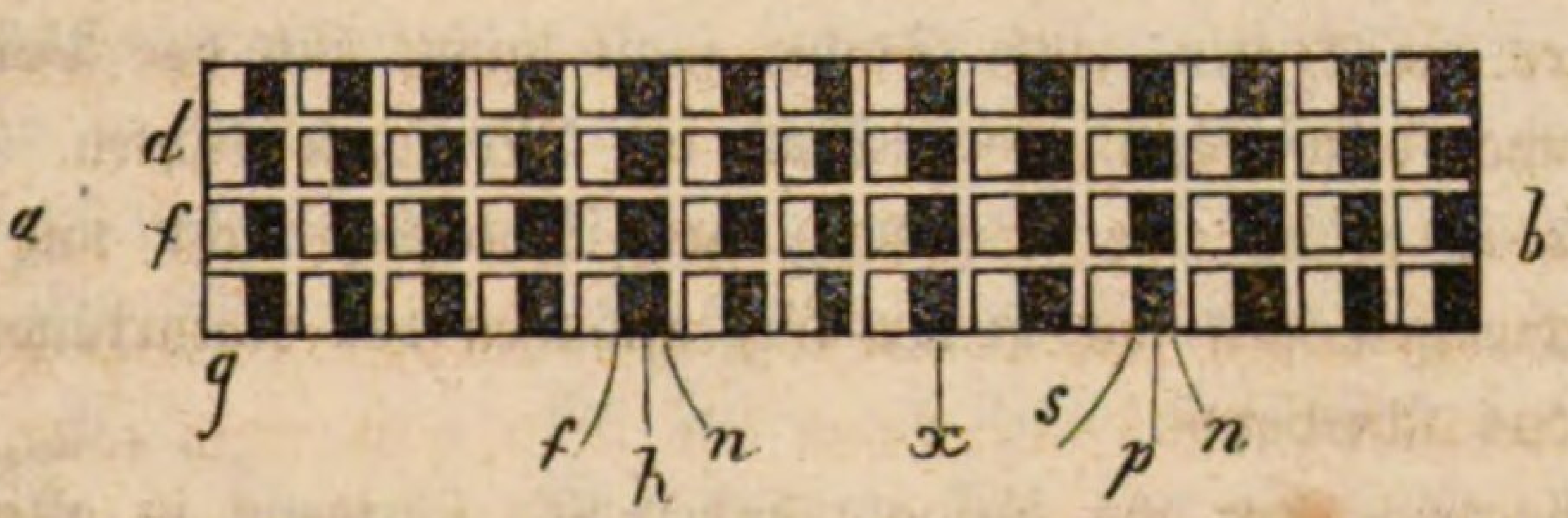
Wie hat man sich einen Magnetstab zu denken.

Man fülle eine Glasröhre mit recht dünner Wandung, oder ein Röhrchen aus Papier einfach zusammen geleimt, mit Feilspähnen von Stahl. Kommt man damit, nachdem es beiderseitig geschlossen ist, in die Nähe einer Magnetnadel, so kann man wahrnehmen, daß jeder Theil der Röhre die Nadel gleich stark anzieht und daß keiner sie abstößt. Nun streiche man mit einem guten

Magnetstab die Röhre zehn- bis zwölfmal stets in einer Richtung der Länge nach, während man sie in der Hand langsam dreht, so daß nicht bloß eine Seite des kleinen Cylinders, sondern alle Seiten gestrichen werden. Kommt man jetzt in die Nähe einer empfindlichen Nadel, so wird man ganz sicher den Nordpol derselben von der einen Hälfte der Röhre angezogen und von der anderen Hälfte abgestoßen sehen. Schüttelt man nunmehr die Röhre, daß die Feilspähne durch einander kommen, so hört die Polarität auf, die Röhre zieht wieder überall gleichmäßig die Magnetnadel an.

Der streichende Magnet hat hier ein jedes Feilspähnchen magnetisirt und hat dasselbe gerichtet, so daß alle Nordpole nach einer Seite, alle Südpole nach der anderen Seite weisen; es ist mithin eine Magnetstange aus tausend ganz kleinen Magnetchen zusammengesetzt, welche übereinstimmend mit einander wirken. Sowie man diese Feilspähne schüttelt, kommen sie ohne Ordnung unter einander, jeder Nordpol eines Feilspahns erfaßt den Südpol eines andern Feilspahns und so verlieren sie die Wirkung nach außen, weil sie sich innerlich beschäftigen. Es kann die hier stehende Zeichnung von der Ordnung ein Bild geben.

Fig. 97.



Wir stellen uns unter ab einen Stahlstab vor und unter dfg u. s. w. die kleinsten Theile desselben. Ist der Stahlstab magnetisirt, so liegen sie alle in der Ordnung, welche die Zeichnung angiebt, nämlich mit dem weißen Ende nach einer, mit dem schwarzen Ende nach der andern Seite. Man möge diese Theilchen nun Atome oder Molekulen oder wie sonst nennen, es wird durch diese Anschauung und das vorige Experiment das Magnetisiren begreiflich, es ist ein Ordnen der kleinsten Theile in einem gewissen Sinne.

Dieses Ordnen setzt Beweglichkeit voraus, wird man sagen, wer giebt uns das Recht in einem Stück gehärteten Stahles Beweglichkeit seiner Theile anzunehmen? Die Erfahrung müssen wir erwiedern. Alles rings um uns her sehen wir durch Feuchtigkeit größer werden (quellen), durch Trockenheit kleiner werden (schwinden) oder durch Wärme sich ausdehnen, durch Kälte zusammenziehen. Hätten wir ein Auge für diese Bewegungen,

so würden wir erstaunen über diese unaufhörlichen Schwankungen in der Größe der Körper; diese können jedoch nur dadurch stattfinden, daß die einzelnen Theile der Körper verschiebbar sind, es drängt sich zwischen jeden kleinsten Theil einer Stahlstange und seinen Nachbarn etwas ein, beide müssen nachgeben, sie rücken aus einander — in trockenen Kleidern haben zwölf Schüler auf der Bank Platz, in durchnäßten nur eilf — die Reihe ist länger geworden. Stahl hält sehr fest zusammen, Messing weniger, Zink noch weniger; um die Zinktheilchen aus einander zu rücken, bedarf es nur einer geringen Temperaturerhöhung, einer viel größeren, um dasselbe beim Stahl zu erreichen, aber es geht, und das ausdehnbarste Metall, wie dasjenige welches den größten Widerstand leistet — eines wie das andere wird überwunden, die Theile werden aus einander gerückt.

Thatsachen über die Beweglichkeit der kleinsten Theile.

Wenn das durch die Wärme geschieht, warum soll es nicht durch den Magnetismus geschehen, der will nicht einmal die einzelnen Theile von den andern trennen, er will sie nur ordnen, und wir haben gar keinen Grund uns gegen die Möglichkeit zu sträuben! Daß wir sie nicht begreifen, ist kein Beweis gegen die Existenz einer Sache, sonst müßte sich das Vorhandensein der Dinge nach dem Fassungsvermögen der Menschen richten. Allerdings läßt sich die Drehung und Wendung der Molekeln nicht mit dem Mikroskope nachweisen, mit wie vielen Gegenständen der Naturkunde aber gelingt denn das überhaupt.

Eine Analogie für das Gesagte haben wir übrigens in allen crystallisirbaren Körpern. Salpeter, Alaun oder Salz aufgelöst hat keine bemerkbare Anordnung seiner Theile, sobald das Auflösungsmittel sich aber verflüchtigt, rücken dieselben in ganz bestimmten Richtungen zusammen, der Salpeter zu prismatischen Nadeln, der Alaun zu Octaedern, das Salz zu Würfeln.

Nimmt man eine solche Anordnung der Atome auch nur als Bild der Sache an, so genügt es schon zur Erklärung mancher Erscheinung, z. B. der sehr auffallenden, daß wo man auch einen Magnetstab zerbreche, doch daselbst wieder zwei Pole erscheinen, denn sei der Bruch wo er wolle, so wird man immer auf der einen Seite einen Südpol und auf der anderen einen Nordpol finden, immer trennt man die beiden nächsten Atome von einander und jedes derselben hat auf der einen Seite einen Nordpol, auf der anderen einen Südpol, wie sich aus der Zeichnung unmittelbar ergiebt. Allerdings ist die Vorstellung ziemlich roh, denn falls man ein Atom nicht

theilen kann, so kann es auch keine Seiten haben, doch ist sie bildlich. Eine Trennung des Stabes bei x ist unmöglich, dies setzte voraus, daß man ein kleinstes Theilchen noch kleiner machen, daß man ein Atom in der Mitte spalten könne.

Magnetische Neigungsnadel.

Wenn man eine Magnetnadel macht, sie aus Stahl verfertigt und mit einem Hütchen versehen auf einen Stift setzt, völlig in Gleichgewicht bringt, so wird man wahrnehmen, daß durch das Magnetisiren diejenige Seite, welche nach Norden zeigt, schwerer geworden ist.

Wiegt man einen Stahlstab auf das Sorgfältigste, magnetisirt ihn hierauf und wiegt ihn wieder, so findet sich nicht die geringste Spur eines Gewichtsunterschiedes, dennoch ist die vorige Bemerkung eine richtige, das Schwererwerden des Nordmagnetismus ist eine Thatsache — aber nicht eine Gewichtsvermehrung ist der Grund, sondern die Anziehung durch den tellurischen Magnetismus. Die Punkte, welche man auf unserem Wohnplatze, dem Erdball, als die Gesammtheit der magnetischen Kräfte, die auf ihm walten, bezeichnen kann, liegen nämlich nirgends in der Verlängerung der horizontal schwebenden Nadel, sondern überall unter derselben. Man pflegt zwar zu sagen, auf dem magnetischen Aequator sei dies nicht der Fall, sondern daselbst lägen die Pole im Horizont, allein ein Blick auf die

Fig. 98.

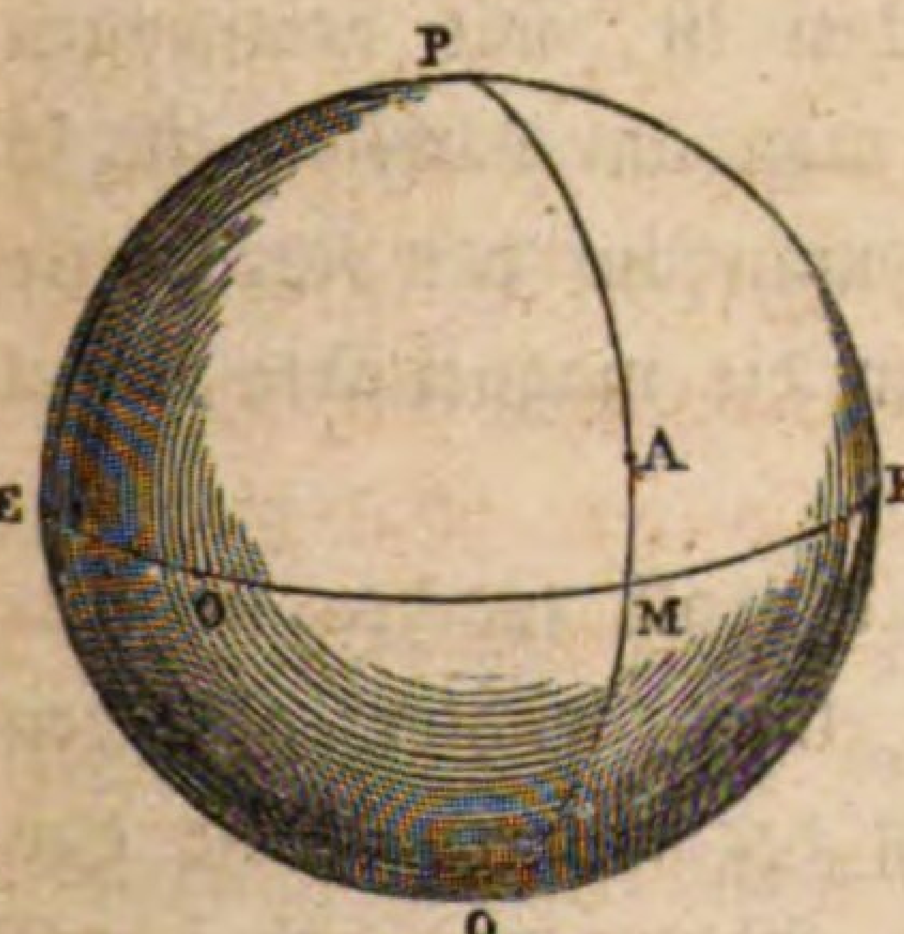


Fig. 98 wird dies widerlegen; P und Q sind die Pole, die Linie $EOME$ ist ein Stück des Aequators. Auf irgend einem Punkte dieser Linie M stehe die Magnetnadel und ihre Richtung sei die Kreuzlinie $PAMQ$, so wird auf dem Punkte M, wo sie befindlich, ihre Lage ganz horizontal sein. Wäre der Gegenstand ein astronomischer, z. B. der über P, dem Nordpol der Erde, stehende Polarstern, so würde diese Horizontal-Linie, welche die Magnetnadel macht, auf den Polpunkt treffen, weil der Polarstern unendlich weit von der Stelle der Magnetnadel ist und weil, obschon nur die Axe der Erde eigentlich wirklich auf ihn trifft, die Richtungslinie der Magnetnadel, welche vollständig parallel mit der Axe ist, doch denselben Punkt ebenfalls treffen muß, da er unendlich weit von der Erde entfernt ist.

Da der Pol der Erde aber gar nicht in diesem Falle ist, sondern in einer sehr genau gemessenen Entfernung, nämlich um ein Viertheil des

Erdumfanges, von der Nadel absteht, so macht die Linie, welche man von dem Aufhängepunkt der Nadel nach dem Pol ziehen kann, einen Winkel von 45 Graden mit der horizontalen Richtung der Nadel, dorthin wird die horizontale Nadel also gezogen.

Nun findet jedoch ganz dasselbe in Beziehung auf den andern Pol *Q* statt. Die Nadel wird nämlich von denselben Kräften dorthin gezogen und der Winkel, unter welchem dieser Zug stattfindet, beträgt wieder genau 45 Grad, denn in dieser Richtung unter dem Horizont liegt auch der Südpol.

Wechselndes Gleichgewicht der Magnetnadel.

Der denkende Leser wird jetzt gewiß nicht mehr fragen, wie es kommt, daß trotz dieses Zuges abwärts die Nadel auf dem magnetischen Aequator horizontal steht, denn er weiß so gut wie der Verfasser, daß wenn zwei gleiche Kräfte an demselben Dinge nach entgegengesetzten Richtungen ziehen, der gezogene Gegenstand seine Stelle gar nicht verläßt; zieht also der Magnetismus des Nordpols der Erde das nach Norden gerichtete Ende der Nadel zu sich herab und zieht mit gleicher Kraft der Magnetismus des Südpols der Erde das nach Süden gerichtete Ende der Nadel zu sich abwärts, so kann die Nadel weder nach Norden noch nach Süden sinken, sie muß horizontal schweben bleiben.

Auf jedem andern Punkte der Erde als auf dem magnetischen Aequator findet das oben Berührte statt, eine unmagnetisch im Gleichgewicht befindliche Nadel neigt sich, sobald sie magnetisirt worden ist, mit demjenigen Ende abwärts, welches dem Pole entspricht, dem man am nächsten ist, so also das mit *N* bezeichnete Ende der Nadel, wenn man auf der Nordhälfte der Erde wohnt, das mit *S* bezeichnete Ende, wenn die magnetisirte Nadel auf der Südseite steht.

Unsere Mechaniker wissen dies sehr gut und deshalb machen sie entweder den nördlich zeigenden Theil vorher schon etwas leichter als den andern, oder was zweckmäßiger ist, sie schleifen von der unteren Seite das Zuviel hinweg, nachdem sie magnetisirt worden ist. Wenn man sich jedoch auf einer Reise befindet, bald näher, bald entfernter von einem Pole, so kann man dieses Verfahren nicht einschlagen und alsdann wählt man das sehr praktische der Seefahrer, man klebt auf das steigende Ende der Nadel ein Wachskügelchen, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. In allen mittleren Breiten geht dies sehr gut, allein sobald man in höhere Breiten, d. h. dem Pole immer näher kommt, muß man zu zwei Wachskügelchen noch zwei, noch vier, zu diesen noch sechs und immer mehr fügen, dadurch

wird denn die Nadel so träge, daß sie nicht mehr richtige Angaben macht und zuletzt sich gar nicht mehr bewegt, sondern stillsteht, wie man sie auch richten mag, was übrigens keineswegs nur von der vermehrten Reibung herkommt, sondern davon, daß für die dem Pole so sehr genäherte Nadel der Pol nicht mehr ein Punkt ist, sondern eine große breite Fläche.

Trägheit des Compasses in Polargegenden.

Capitän John Roß (der Aeltere der beiden berühmten Polarreisenden, der Vater des Erforschers der Südpolgegenden James Clark Roß) machte zuerst die Bemerkung, daß er von der horizontal schwebenden Magnetnadel ganz verlassen wurde, daß sie Angaben mache, welche man beinahe unmöglich nennen mußte, wenn sie nicht trotz ihrer Unmöglichkeit Thatsachen gewesen wären; nicht daß sie einen Tag lang nach Westen zeigte statt nach Norden, später nach Südwesten, dann nach Süden, dann nach Südosten und endlich gar nach Osten, — dies hätte nur bewiesen, daß man im Laufe einiger Tage den magnetischen Nordpol noch nördlich umfahren habe, daß man zwischen ihm und dem terrestrischen Nordpol hindurch gefahren sei, — war das Sonderbare, das Unerwartete, sondern daß sie eine Zeit lang gar keine Richtung annahm und diejenige behielt, welche man ihr gab.

In dieser Zeit war es, in welcher man sich gerade über dem magnetischen Pole der Erde befand und in welcher die horizontal schwebende Nadel gar keinen Zug nach einer in ihrer Ebene liegenden Gegend, sondern nur von unten, also senkrecht auf die Richtung, in welcher sie sich bewegen konnte, empfand, daher ihre Trägheit, daher das Stillstehen in jeder von dem Experimentator beliebten Richtung.

Die Inclinationsnadel.

Für einen solchen Fall wäre es nun mehr als für jeden anderen wünschenswerth gewesen, ein Instrument zu haben, welches nicht einen horizontalen, sondern einen verticalen Zug voraussetzte, einen Zug von unten her, von dem Punkte, auf welchem das Instrument steht.

Der englische Seemann und Mechaniker Robert Normann kam schon in der Mitte des 16. Jahrhunderts durch seine Seereisen auf die ihm neue Erscheinung der Senkung des Nordendes einer Magnetnadel und in Folge dieser häufig wiederholten Beobachtung auf den Gedanken, ein Instrument zu construiren, welches dem Zuge nach unten besser nachgeben könnte als die auf einem Stift schwebende Nadel, und so entstand im Jahre 1576 die erste Neigungsnadel, welche zwar noch sehr roh und unvollkommen,

doch von historischer Wichtigkeit für die Entwickelung der Lehre vom Magnetismus ist, indem sie zeigte, welch eine bedeutende Zugkraft die Nadel nach unten bewege. Normann bestimmte die Neigung für London auf beinahe 72 Grad, es fehlen also nur 18 Grad, um sie senkrecht stehen zu sehen.

Man erkannte hieraus bald die Wichtigkeit eines solchen Instruments und bemühte sich, es zu verbessern und die Bedingungen aufzufinden, unter denen es beobachtet werden müsse. Ein großer Uebelstand war allerdings nicht zu beseitigen, die Neigungsnadel mußte eine Axe haben und eine solche setzt Lager, worauf sie ruht und also auch Reibung voraus, hiermit aber eine große Unsicherheit.

Man macht ein etwa 8 Zoll langes, ½ Zoll breites Lineal aus gutem Stahl, doch so, daß es nicht ein Hütchen hat, um auf einer Spitze zu schweben, sondern eine Axe wie ein Wagebalken, vermöge deren es auf recht harter und glatter Unterlage liegen und seine Schwingungen machen kann. Man muß ferner das Lineal so sorgfältig arbeiten, daß es in jeder Lage liegen bleibt, nicht hin und her schwingt, was ein Uebergewicht nach einer Seite hin andeutet, sondern bei einem Anstoß einen gewissen Weg macht, langsamer, immer langsamer geht und endlich stillsteht, ohne irgendwie rückwärts zu gehen.

Hat man es so weit gebracht, so ist die Grundlage zu einer Neigungsnadel nunmehr fertig, es bedarf nur noch des Gestelles, um sie darauf spielen zu lassen und des Magnetisirens der Nadel.

Das Gestell oder Gehäuse ist eine Zarge von Messingblech, stark genug daß sie sich nicht leicht biegt, kreisrund geformt, etwa von ½ Zoll Breite. In der Mitte dieser Zarge befindet sich ein flacher Kreis, welcher in die üblichen Grade (360) getheilt ist und soviel innere Weite hat als die Nadel lang ist; die äußere Weite richtet sich natürlich nach dem Umfang der kreisförmigen Zarge.

Zwei Streifen Messingblech werden unter einander parallel quer über die Zarge gelegt und da, wo sie mit derselben zusammentreffen, angelöthet, sie dienen dazu, die Nadel, das Lineal zu tragen. Damit die Nadel in der Mitte des Kreises schwebe, muß die obere Kante der beiden Lineale einen Durchmesser des Kreises bilden. In der Mitte dieser Kante wird auf jedem der beiden Streifen ein sauber polirtes Stück Achat eingelassen, so daß die Axe der Nadel jederseits auf einem solchen Plättchen ruht.

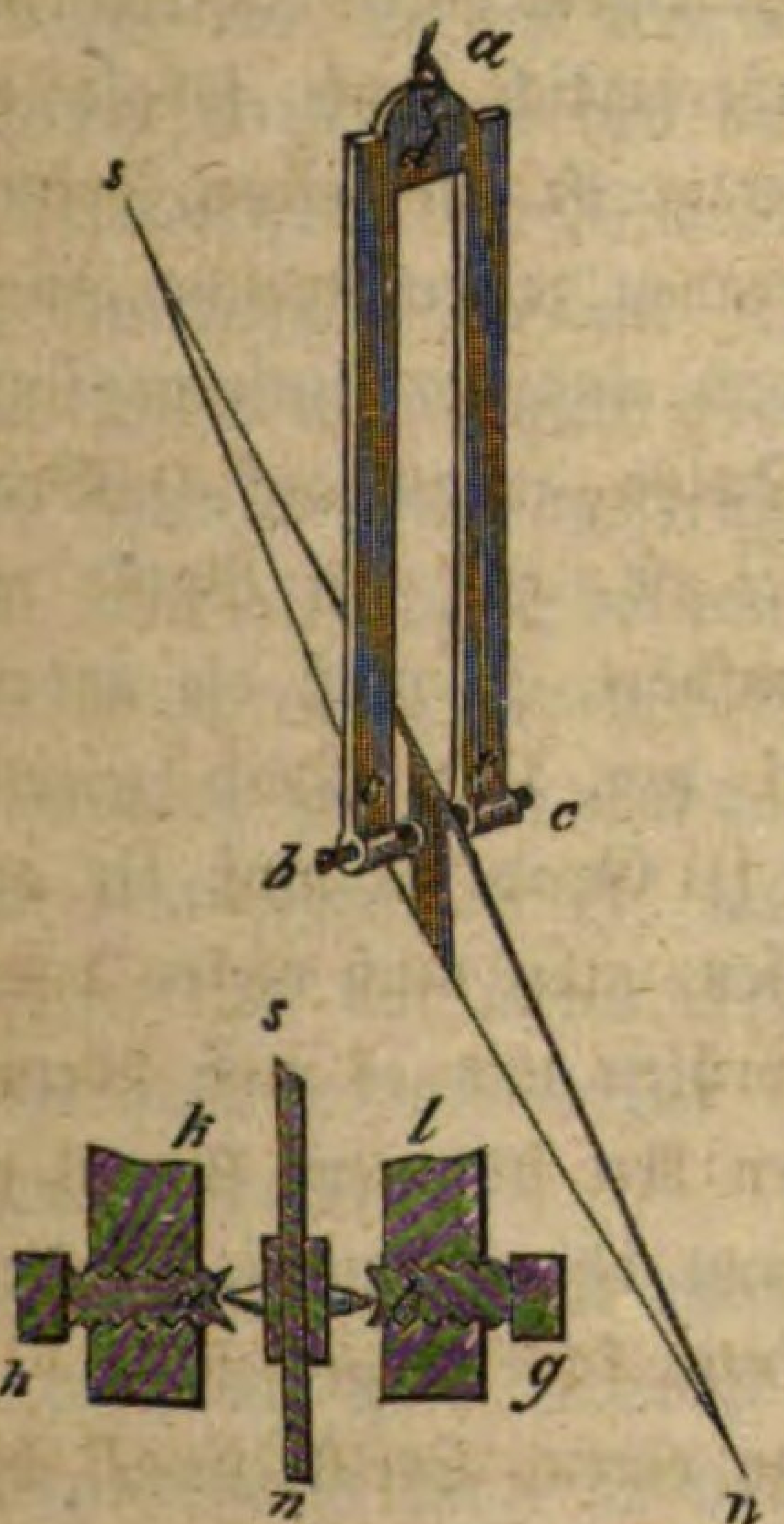
Es versteht sich, daß der hier ganz einfach beschriebene Umriß des Wesentlichsten an dem Instrumente dahin vervollständigt gedacht werden muß, daß der Kreis auf einem breiten, dreieckigen Fuße ruht, dessen untere Platte Stellschrauben hat, um den Kreis selbst recht genau vertical stellen

zu können und daß ferner dieser Fuß mit den Stützen des Gehäuses gestattet, daß man den Kreis mit der Nadel um seine senkrechte Axe drehe, ohne das Gestell zu verschieben, denn es kommt nicht darauf an, daß man das ganze System von Kreisen, Gestell und Nadel beliebig hinsetzt, sondern daß man seine Drehung recht fein eingerichtet habe, dergestalt daß bei der Drehung die Nadel nicht erschüttert werde.

Verbesserte Neigungsnadel.

Man hat diese Bedingungen zu vereinigen und das ganze Instrument so zu vereinfachen gewußt, daß derjenige, der ein Borda'sches Inclinatorium kennt, in dem neuen nachfolgend zu beschreibenden Werkzeug die Inclinationsnadel gar nicht wieder erkennt.

Fig. 99.

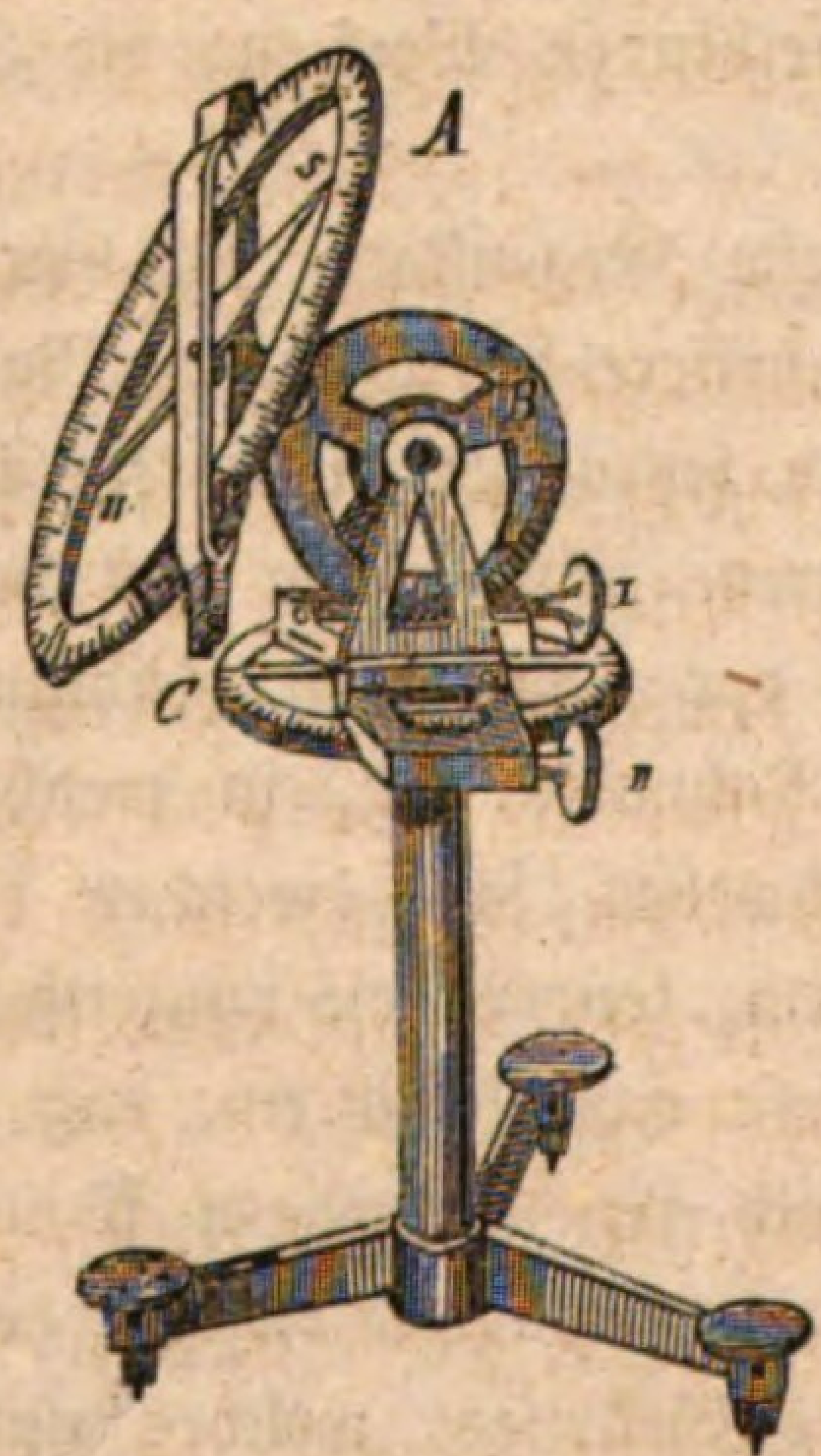


Der wichtigste Gegenstand ist hierbei ohne Zweifel die bessere Methode, die Nadel in Schwingung zu setzen, ihr eine freie Bewegung zu gewähren. Stellen wir uns unter dem Bügel *abc* der beigefügten Zeichnung einen Theil des Rahmens vor, in welchem die Nadel *ns* schweben soll (welcher hier nicht die Linealform, sondern die Lanzettform gegeben ist), so sieht man leicht ein, daß die Axen derselben sich freier bewegen können, als wenn sie auf Zapfenlagern ruhten, denn das Stück *bc* des Gestelles, welches unten in natürlicher Größe zu sehen ist, zeigt in *h* und *g* stählerne gehärtete Schrauben, welche auf der inneren Seite konisch eingedrehte Vertiefungen haben. Die Nadel *sn*, in der unteren Zeichnung nur zum geringsten Theile sichtbar, hat nicht weit hinaus stehende cylindrische Axen, sondern sehr kurze kegelförmig gespitzte. Diese Kegel ruhen in den ähnlich gestalteten Vertiefungen der Schrauben und da man dieselben beliebig vor- oder zurückschrauben kann, so gestatten sie eine leichte Bewegung; allein da die beiden Kegel, der eingeschliffene der Träger und die ausgespitzten der Axe, von sehr verschiedenem Durchmesser sind, der Axenkegel sehr viel feiner ist, so findet eine Berührung der Spitze des Kegels mit der innersten Tiefe der Schrauben nur in einem Punkte statt und dies gewährt die allergeringste Reibung bei großer Sicherheit der Stellung.

Die Stücke *k* und *l* des Gestelles *abc* sind gleich der Nadel nur abgebrochen angedeutet, aber auch *abc* ist nur zur Hälfte vorhanden, es setzt sich nach der anderen Seite eben so lang fort, solchergestalt daß die Nadel nicht in einer Gabel, wie die Figur zeigt, sondern in einem geschlossenen Rahmen schwebt.

Ein Instrument zu dreierlei Zwecken.

Fig. 100.



Nebenstehend sieht man verkleinert das ganze Instrument ausgeführt. Die Nadel *ns* schwebt in ihrem Rahmen und dieser umfaßt einen Kreis *A* in Grade eingetheilt, innerhalb dessen die Nadel sich bewegen kann. Zu einem guten Instrumente ist es durchaus erforderlich, daß, sobald es zur Beobachtung fertig ist, die beiden Spitzen der Nadel nach Graden zeigen, welche genau um 180 Grade von einander entfernt sind. Zeigt die eine Spitze genau auf 0 Grad oder, was einerlei ist, auf den Punkt wo der 360. Grad aufhört, so muß die andere Spitze genau auf den 180. Grad zeigen; zeigt die eine auf 10 Grad, so muß die andere auf 190 weisen, man muß dieses durch den ganzen Kreis prüfen und es muß überall in der angegebenen Art stimmen; stimmt es überall nicht, so ist die Nadel nicht gerade, stimmt es an einigen Punkten des Kreises, an anderen aber nicht, so ist der Kreis schlecht getheilt.

Der Rahmen für die Axen der Nadel ist an einem Stellkreise *B* befestigt, welcher selbst, wie die Figur zeigt, auf sehr starken Axen ruht. Vermöge dieses Theiles des Apparats kann man den Ring mit der Magnetnadel in jede beliebige Stellung bringen, die Nadel kann also schräge, wie sie auf der Zeichnung angegeben, stehen, sie kann vertical schwingen, wie sie als Neigungsnadel soll, sie kann auch horizontal gerichtet werden, alsdann nimmt der Kreis die oberste Stelle ein und liegt flach und eben; vermöge der Schraube *I* kann man den Stellkreis in jede beliebige Lage bringen und darin erhalten.

Bewegung des getheilten Kreises.

Die beiden Böcke, auf deren oberem Theile die Axe des verticalen Stellkreises ruht und deren vorderen man in der Zeichnung sieht, sind auf einem zweiten horizontal liegenden Stellkreise befestigt, welcher dazu dient, dem ganzen System von Nadel, Theilkreis und Stellkreis eine beliebige und meßbare Bewegung in horizontaler Richtung zu geben. Dieser Kreis *C* ruht auf der darunter befindlichen Säule mit drei Füßen als auf seiner Axe und beim Drehen geht der äußerste Theil (in der Zeichnung am dunkelsten schattirt), in welchem die Zähne einer endlosen Schraube geschnitten sind, durch eine hervorstehende starke Klammer, worin die Stellschraube *II* eingelassen ist. Diese faßt in die Zähne des Kreises und treibt ihn so fort, welches eine überaus feine Bewegung möglich macht, da jede ganze Umdrehung von *II* den Kreis *C* nur um einen Zahn, also vielleicht um den fünfhundertsten, um den tausendsten Theil weiter schiebt; man sieht, daß bei $\frac{1}{4}$ Umdrehung der Schraube *II* der Kreis sich nur um $\frac{1}{4000}$ und bei $\frac{1}{8}$ Umdrehung nur um $\frac{1}{8000}$ seiner Peripherie bewegen kann. Es wird eine solche Genauigkeit hierfür vielleicht nicht nöthig sein, da jedoch alle von Menschenhand gefertigten Instrumente unvollkommen sind, so ist es gut, auch diejenigen, bei denen es weniger darauf ankommt, so gut zu machen, als es in der Hand des Mechanikers irgend liegt.

Was hier von dem horizontalen Kreise *C* gesagt ist, gilt natürlich auch von dem verticalen *B*, auch er ist in gleicher Art und gleich fein zu bewegen, nur der Kreis *A*, in welchem die Magnetnadel schwebt, ist selbst nicht drehbar und erhält seine Bewegung und Stellung durch die beiden andern Kreise.

Ein solches Instrument faßt alle Bedingungen in sich, welche erfordert werden, um jede beliebige Beobachtung zu machen, nur ein Gauß'sches Magnetometer kann sie nicht ersetzen.

Das Instrument als Declinatorium.

Die gewöhnliche, horizontal schwebende Nadel zeigt von Norden nach Süden. Legen wir den Kreis *A* der Fig. 100 horizontal, so steht die Axe der Nadel vertical, es kann sich mithin die Nadel, welche mit ihrer Axe rechte Winkel macht, nicht anders als horizontal bewegen, dieses aber im ganzen Kreise umher.

Die gewöhnliche Nadel hat eine Oeffnung mit einer kegelförmigen

Vertiefung in der Mitte und ein gespitzter Stift geht von dem Plan der Boussole aufwärts, um in die Vertiefung des Hütchens eindringend die Nadel zu tragen. Bei der Nadel des vorhin beschriebenen Apparates findet eine umgekehrte Anordnung statt, welche jedoch ganz dieselbe Wirkung hat. Das Hütchen liegt unter der Nadel und der Stift von Stahl, gut zugespitzt, steckt in der Nadel selbst. Wenn man die Nadel zum Schwingen bringen will, so legt man also die Spitze des Stiftes nach unten, versenkt ihn in das Achathütchen und hierauf dreht sich die Nadel eben so gut wie auf dem emporgerichteten Stift, wenn sie das Hütchen enthält.

Wäre die Nadel in schnellem Schwunge wie ein Kreisel, so würde sie auch wie dieser auf seinem einen Fuße stehen ohne umzufallen. Das ist nun freilich bei der Nadel nicht anzuwenden, sie soll nicht durch den Schwung aufrecht erhalten werden, denn sie soll langsame Bewegungen machen und schließlich stillstehen.

Dieses ist ermöglicht durch die Verlängerung der Axe nach der entgegengesetzten Seite und durch ein zweites Hütchen, in dessen Vertiefung die Spitze der Axe reicht, so daß auf dem unteren Hütchen die Axe steht, durch das obere aber vor dem Fallen bewahrt wird.

In solcher Stellung und Anwendung ist also dieses Instrument eine Declinationsnadel. Man richtet den Rahmen, in welchem ihre beiden Träger, die Hütchen, eingeschlossen sind, genau nach dem astronomischen Norden und sieht wie weit die Richtung der Nadel von dieser nördlichen abweicht; dies ist der Zweck der Abweichungs- oder Declinationsnadel.

Dasselbe als Inclinatorium.

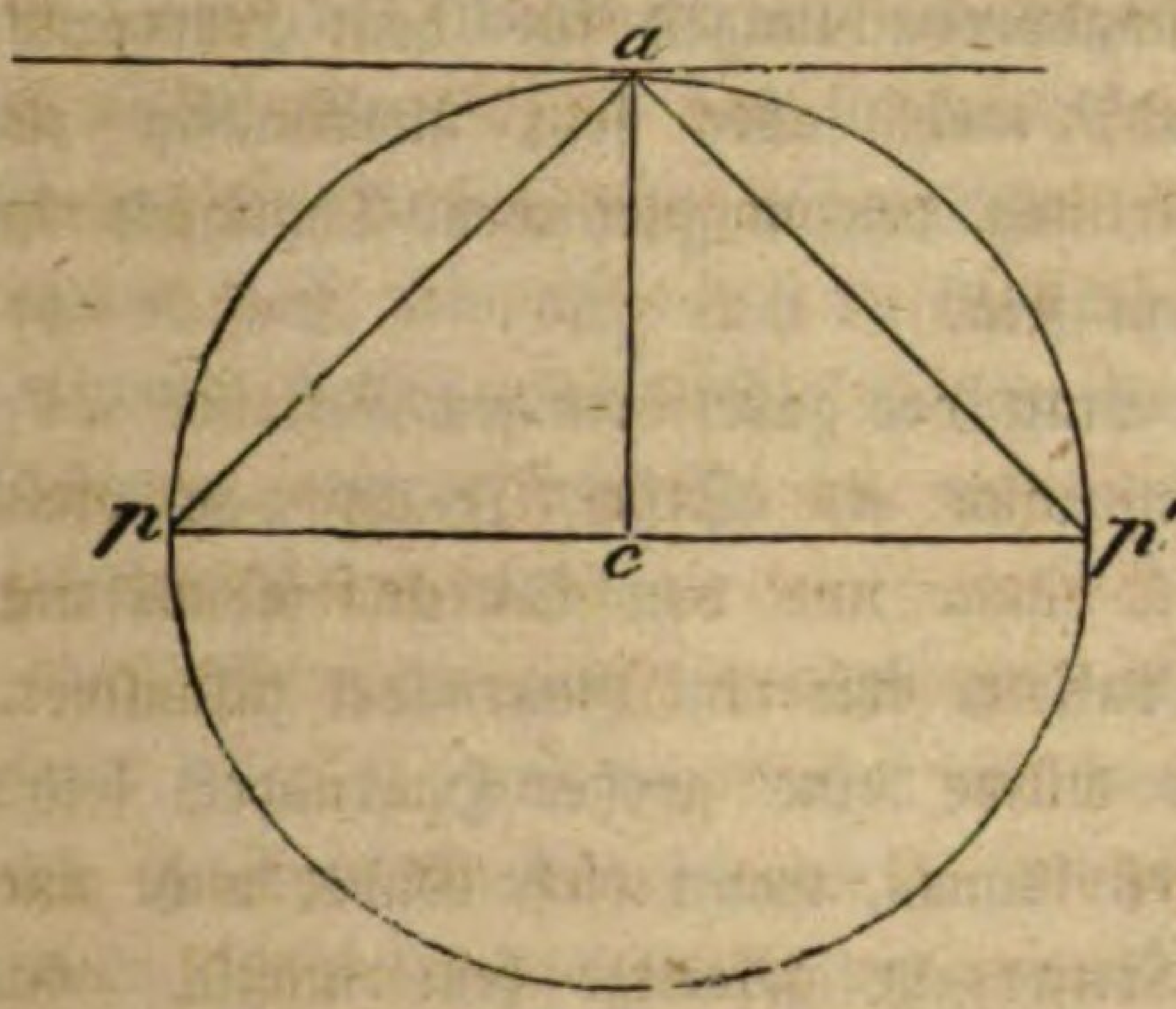
Beabsichtigt man Versuche über die Neigung zu machen, so biegt man die getheilte Kreisscheibe mit der Magnetnadel und dem sie tragenden Rahmen so lange zur Seite, bis sie vollkommen senkrecht schwebt, d. h. bis der Radius des Kreises B, an welchem dieser Kreis A hängt, ganz horizontal liegt.

Nunmehr sind auch die Axen der Nadel ns, welche in der Verlängerung dieses Radius liegen müssen, horizontal, und folglich schwebt die Nadel selbst vertical. Dies ist die Stellung, welche die Neigungsnadel überhaupt haben muß, um senkrecht schwingen zu können, noch aber ist eine Bedingung zu erfüllen, ohne welche auch das trefflichste Instrument ganz schwankende und nicht gleich bleibende Resultate geben wird. Die Nadel muß, um die Neigung, d. h. diejenige Richtung anzugeben, in welcher der uns zunächst liegende Pol zu suchen ist, sich im magnetischen Meridian des Ortes bewegen

können. Um dieses zu bewerkstelligen, muß man den getheilten Kreis und den Rahmen, in welchem die Nadel schwebt, in diejenige Richtung bringen, welche man bei dem vorherigen Experiment als die Richtung der Magnetnadel bei horizontaler Schwingung gefunden hat.

Würde die Nadel in dieser Richtung auf der Insel St. Thomas oder in Peru zwischen Lima und Quito, in der Nähe des Aequators der Erde aufgestellt, so würde sie horizontal schweben, denn sie ist von beiden Polen der Erde gleich weit entfernt, wie die Fig. 101 versinnlicht. p und p' sind die Pole der Erde, a ist irgend ein Punkt auf dem Aequator, den der magnetische Meridian pap' durchschneidet, die Nadel hat also gar keinen Grund, eine geneigte Stellung anzunehmen, dort aber auf dem Aequator würde sie auch in jeder andern Richtung die horizontale Lage behalten. In der Richtung des magnetischen Meridians ziehen beide Kräfte, p der nördliche wie p' der südliche Magnetismus, gleich stark; in einer andern Richtung als der des magnetischen Meridians, ziehen sie gar nicht, so lassen sie die Nadel vollständig unberührt und diese folgt nunmehr der einzigen Naturkraft, welche noch auf sie wirkt, nämlich der Schwere. Da aber beide Enden der Magnetnadel wie ein Wagebalken vollkommen im Gleichgewicht sein müssen, wenn das Instrument überhaupt eine Inclinationsnadel sein soll, so ist wiederum kein Grund vorhanden, warum die Schwere auf einen Arm derselben stärker wirken soll als auf den andern und folglich wird die Neigungsnadel, sobald sie aus dem magnetischen Meridian gewendet wird, die horizontale Lage beibehalten, welche sie vermöge der gleichen Kräfte des Magnetismus in dem Meridian hatte.

Fig. 101.



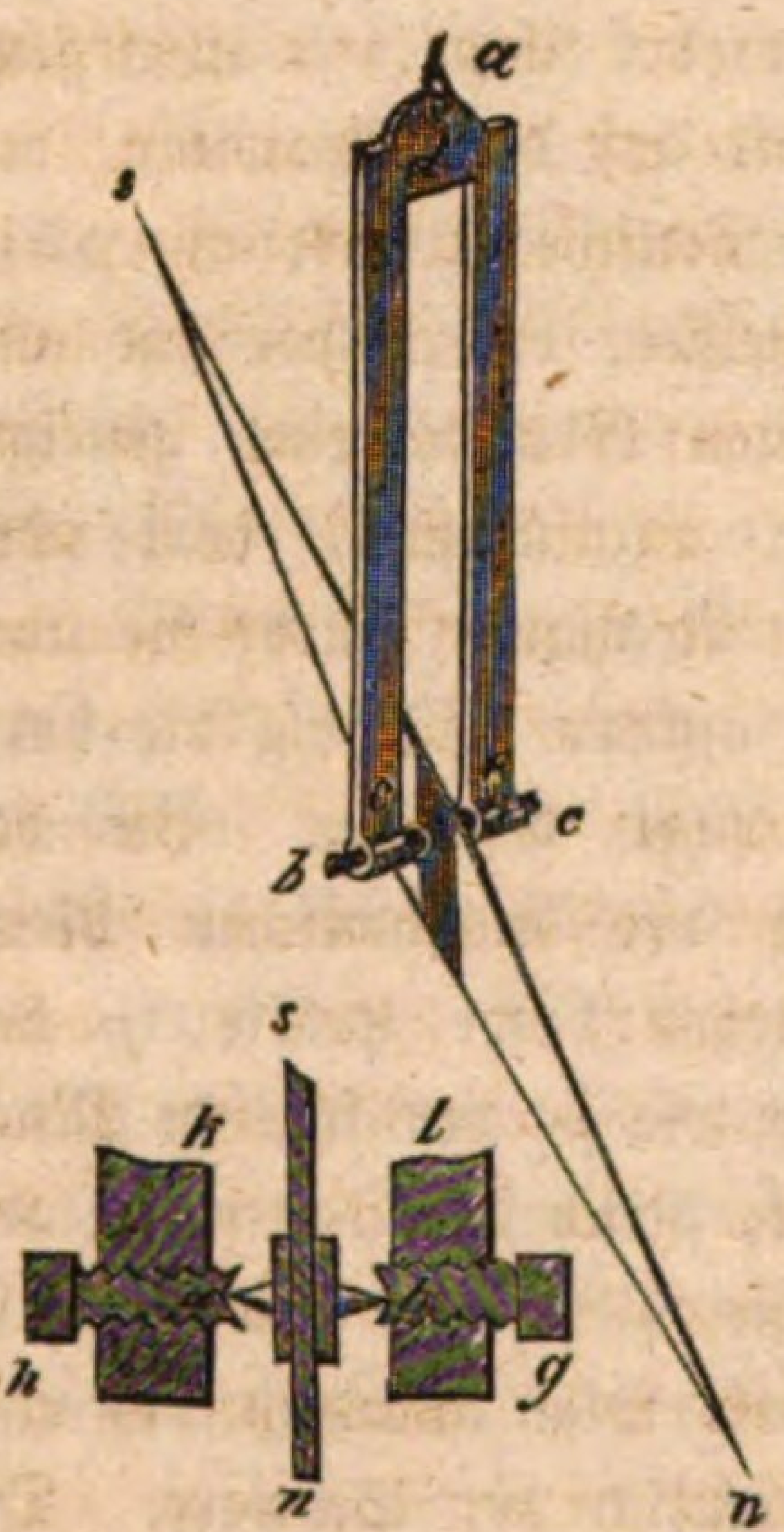
Ganz anders verhält sich die Nadel an anderen Punkten der Erde und um uns davon zu überzeugen, wollen wir uns das Experiment auf dem Tische vormachen; zuerst besorgen wir uns ein schmales Sägeblatt von ein paar Fuß Länge, lassen mit einer starken Blechscheere die beiden Enden, welche in die Handhaben kommen sollen, sowie die Zähne hinwegschneiden, nehmen durch eine Schlichtfeile den Grad hinweg, um uns beim Experimentiren nicht zu verletzen und magnetisiren nun diesen langen Stahlstab durch den einfachen Strich, um sicher zu sein, daß wir nicht

Folgepunkte erhalten, d. h. daß der Magnetstab nicht mehr als zwei Pole habe.

Einfachste Neigungsnadel.

Nun werden wir auch eine Inclinationsnadel haben müssen und da diese sehr theuer ist, so wollen wir dieselbe nach der Zeichnung Fig. 99 S. 269 nochmals uns selbst anfertigen, sie wird alsdann allerdings nicht ganz gut zu Neigungsbeobachtungen für den Erdmagnetismus, wohl aber sehr zweckmäßig zur Darstellung der magnetischen Thätigkeit im Kleinen sein.

Fig. 102.



Statt des gabelförmigen Gestelles *abc* nimmt man ein Stück Draht von etwa 8 Zoll Länge und von Stricknadeldicke und biegt dasselbe wie eine Haarnadel zusammen. Man würde eine große Haarnadel selbst nehmen können, wenn diese Gabel nicht aus Messingdraht gefertigt sein müßte. An die Enden dieser Haarnadel biegt man mit einer Drahtzange recht kleine Oesen, sie sollen die Pfannen sein, in denen die Axe der Inclinationsnadel schweben wird.

Eine recht gerade gerichtete Uhrfeder von ⅛ Zoll Breite und 6 Zoll Länge wird in ihrer Mitte von der geschickten Hand eines Uhrmachers durchbohrt, so daß eine Nähnadel durch die Oeffnung geht und sich entweder darin hält — was das beste wäre — oder durch etwas Wachs befestigt wird.

Entweder durch Abfeilen des zu schweren Endes oder durch Beschweren des zu leichten mit ein paar Wachskügelchen (die erste Methode ist die bessere) bringt man die Uhrfeder so ins Gleichgewicht, daß sie erstens sowohl mit der einen als mit der anderen Kante nach unten gerichtet horizontal schwebt wie ein Wagebalken, zweitens wenn man recht sorgfältig sein will, auch in jeder anderen Stellung, die man ihr geben mag, ruhig stehen bleibt, — alsdann ist sie erst vollkommen equilibrirt. Dies Letztere ist sehr schwer zu erreichen, hat man es erreicht, so ist eine sehr gute Inclinationsnadel gewonnen, sie ist dann eigentlich viel zu gut für den Versuch, welcher hier vorliegt.

Nachdem man der Nadel (der Uhrfeder) den nöthigen ersten Grad von Gleichgewicht gegeben oder sie noch vollkommener in der zweiten Art equilibrirt hat, magnetisirt man sie und dann bringt man sie mit ihren Axen aus einer wohl polirten Nähnadel in die beiden Oesen an den Enden der messingnen Haarnadel.

Experiment über die Neigung.

Nunmehr ist Alles zu dem Versuche vorbereitet. Man bezeichnet sich die Mitte des magnetisirten Sägeblattes und hält etwa ½ Fuß darüber die Neigungsnadel, so daß sie parallel mit dem Sägeblatte steht (welches für unsern Versuch die magnetische Erdaxe vorstellt). Man wird wahrnehmen, daß, wie nun auch die Neigungsnadel gestanden haben mag, sie sich horizontal stellen wird. Sie ist jetzt parallel mit dem Sägeblatte in jeder Richtung (vorher war sie es nur insofern, als die Längendimensionen in derselben Ebene waren).

Dreht man nun die Gabel, welche man bei der Biegung in seiner Hand hält, so daß die Nadel mit dem Sägeblatt ein Kreuz macht (aber auch ½ Fuß darüber schwebt), so wird die Nadel sich in keiner Art verändern, sie bleibt horizontal liegen, was auch in jeder anderen Richtung statthat, die kleine Nadel befindet sich hier in der Lage einer wirklichen Inclinationsnadel auf dem magnetischen Aequator der Erde. Durch das vorliegende Experiment ist bewiesen, daß die oben angegebene Stellung der Magnetnadel so und nicht anders sei, denn wenn die Erde auch keineswegs eine Kugel mit einer von Pol zu Pol hindurchgesteckten magnetischen Axe ist, so sind die Gesammtwirkungen der Erde auf die verschiedenartig gestalteten Magnetnadeln doch vollständig so, als ob dieses und nichts anderes der Fall wäre.

Untersucht man die Stellungen der Magnetnadel mit dem oben angegebenen leicht zu verfertigenden Apparat auch von anderen Punkten über dem magnetisirten Sägeblatt, so wird man bei paralleler Richtung der beiden Magnete (der Nadel und des Sägeblattes) finden, daß, sowie man von der Mitte des Sägeblattes nach dem einen oder dem anderen Pole desselben hin die Neigungsnadel bewegt, der freundschaftliche Pol sich senkt, anfangs sehr wenig, dann immer mehr und wenn man seine Magnetnadel 6 Zoll über dem Nordpol des Sägeblattes hält, wird man wahrnehmen, daß das Südende und wenn man sich über dem Südende befindet, das Nordende sich so weit herab senken wird, daß die Nadel vollständig senkrecht steht.

Querstellung der Nadel.

Begiebt man sich mit der Nadel noch einmal in die Mitte der Längenausdehnung des Sägeblattes und stellt die Nadel nunmehr querüber, so daß ihre Richtung die des Sägeblattes rechtwinklig durchschneidet, so wird, wie bereits oben bemerkt, im magnetischen Aequator die Nadel horizontal stehen, sowie man sich aber mit dieser horizontal schwebenden Nadel dem einen oder dem anderen Pole des Sägeblattes nähert, stellt sich die Nadel nicht sowohl mehr oder minder schräg, sondern sie stellt sich senkrecht.

Für den Fall einer solchen Querstellung kann sie nicht der Anziehung des Poles, dem sie genähert wird, folgen, dies verhindert ihre Axe, welche ja nur in einer Ebene beweglich ist, daher folgt sie dem Magnetismus des Theiles des Stabes, der unter ihr liegt, und dieser ist genug, sie senkrecht zu sich hinab zu ziehen, indessen in der ihr eigentlich angemessenen Lage sie nicht der schwächeren verwandten magnetischen Kraft des unter ihr liegenden Theiles des Magnetstabes, sondern der viel stärkeren des entfernter liegenden Poles folgen würde.

Lage der Inclinationsnadel.

Wir haben hierdurch ein Mittel gewonnen, die Neigungsnadel richtig zu stellen. Alles was hier von dem kleinen Apparat und dem magnetisirten Sägeblatt gesagt ist, läßt sich auf die Erde und eine gute Neigungsnadel anwenden. Um den Magnetismus der Erde durch die angegebene Vorrichtung recht anschaulich zu machen, darf man das Sägeblatt nur in einen Tonnenreifen von gleichem Durchmesser einspannen. Dann wird dieser Reifen den magnetischen Meridian vorstellen und man wird mit der kleinen Neigungsnadel immerfort in derjenigen Entfernung von der magnetischen imaginären Axe bleiben, in welcher man auf der Erde von ihr bleibt, nämlich unter dem Aequator um die Hälfte der Axe, unter den Polen um gar nichts.

Hält man nun die Nadel ruhig an einem Orte und bewegt man den Tonnenreifen mit dem darin als Durchmesser eingespannten magnetischen Sägeblatt nahe unter ihr hinweg, so hat man alle Bedingungen erfüllt, unter denen die Magnetnadel bei einer Reise von Pol zu Pol dem irdischen Magnetismus folgen würde.

Wenn aber bei einer senkrechten Lage der Bewegungsebene der Nadel diese sich selbst senkrecht stellt und dies als Merkmal zu nehmen ist, daß ihre Lage gerade um einen rechten Winkel von dem magnetischen Meridian

abweicht, so wird man, um diesen auf der Erde ohne eine Abweichungsnadel zu finden, ja nur die Gabel, das Gestell der Neigungsnadel, so lange drehen dürfen, bis die darin schwingende Magnetnadel senkrecht steht. Hiermit hat man diejenige Stellung gefunden, welche die allerunrichtigste zur Beobachtung der Neigung ist. Kennt man diese, so ist die allerrichtigste durch Verschiebung der Schwingungsebene um 90 Grad (um einen rechten Winkel oder Viertelkreis) gegeben. Bei einer Wendung der Schwingungsebene um einen halben Kreisumfang würde die Nadel natürlich wieder in dem Falle sein, senkrecht zu stehen, der richtige Punkt liegt also zwischen beiden Stellungen genau in der Mitte.

Wir wollen nun den Magnetstab mit dem Tonnenreifen, welchen wir nur zur Demonstration der Thätigkeit des Erdmagnetismus gebraucht haben, fortlegen und uns mit der Neigungsnadel allein beschäftigen, weil dieselbe von einer nicht geringen Wichtigkeit ist, da man sie in vielen Gegenden der Erde für die Schifffahrt besser (und zu jeder Tageszeit) benutzen kann, um die geographische Breite aufzufinden, als die Beobachtung der Gestirne, welche bei nebligem oder Regenwetter den Seefahrer gänzlich verläßt.

Beobachtungen mit dem Inclinatorium.

Die Bedingung zur Beobachtung der Neigung ist eine Stellung der Schwingungsebene in den magnetischen Meridian. Um diesen ohne den Compas lediglich durch die Magnetnadel zu erreichen, stellt man den Apparat so, daß erstens *A*, der Kreis in welchem die Magnetnadel schwebt, eine senkrechte Lage annimmt, dann dreht man den Kreis *B* auf dem Kreise *C* so lange herum, bis die Magnetnadel gleichfalls eine senkrechte Stellung annimmt und merkt sich nunmehr ganz genau die Stellung des Gradzeigers auf dem flach liegenden Kreise.

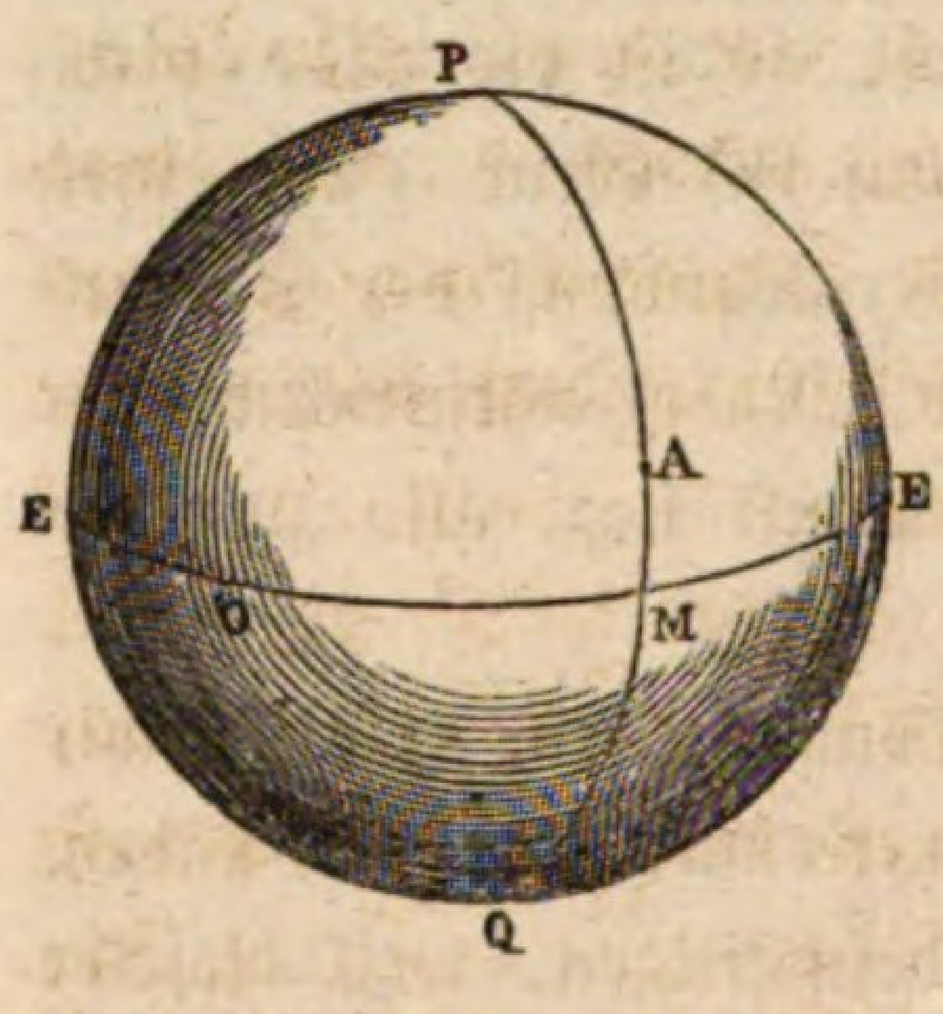
Fig. 103.



Sobald man dieses bewerkstelligt, dreht man den Verticalkreis *B*, zusammenhängend mit dem Gradkreise für die Magnetnadel, genau um 90 Grade aus derjenigen Stellung, in welcher die Nadel eine senkrechte Richtung annahm. Nunmehr ist sie im magnetischen Meridian, wird jetzt auch eine schräge Stel-

lung annehmen und zwar diejenige, in welcher eine Verlängerung derselben auf den Nordpol (natürlich vorausgesetzt, daß der Beobachter sich auf der nördlichen Hälfte der Erde befinde) treffen würde.

Fig. 104.



Stellen wir uns wieder vor, die nebenstehende Fig. 104 sei die Erde, P und Q die beiden Pole und der Beobachter befände sich auf dem magnetischen Meridian $PAMQ$ bei dem Punkte A, so würde die Magnetnadel daselbst eine solche Richtung annehmen, daß wenn man in dieser Richtung einen hinlänglich weiten Stollen in den Erdboden treiben wollte, derselbe von A bis P geradlinig verlaufend, bei P zu Tage kommen würde.

Befindet man sich endlich nach langen Reisen auf der Stelle selbst, auf welcher der magnetische Pol der Erde ist, so zeigt hier die Magnetnadel gerade unter sich zwischen die Füße des Beobachters.

Je mehr man also sich einem oder dem anderen magnetischen Pole der Erde nähert, desto wichtiger wird dieses Instrument; denn indeß die gewöhnliche Nadel immer mehr ihre Richtungskraft verliert (weil sie, wie wir bereits bemerkt, nicht mehr horizontal, sondern abwärts gezogen wird), gewinnt die auf die Inclinationsnadel wirkende Kraft mit der Annäherung an ihren Sitz immer mehr an Energie. Befindet man sich in einem Umkreise von 30 Graden um einen der magnetischen Pole, so ist die Neigungsnadel ein viel sichererer Führer als die Abweichungsnadel; ein Uebelstand nur ist noch zu beseitigen, es fehlen nämlich noch die nöthigen Tabellen über die Stellung der Verticalnadel, theils weil man noch nicht die hinlängliche Anzahl von Beobachtungen hat, um die Werthe für die übrigen Punkte interpoliren zu können, theils weil man wohl noch nicht allgemein genug bei den obersten Behörden des Seewesens, bei den Admiralitäten der verschiedenen Nationen von der Wichtigkeit des Gegenstandes überzeugt ist, um auf die Anfertigung von Listen und Karten, diesen Gegenstand betreffend, zu bringen.

Die Astatische Nadel.

Bevor wir weiter schreiten in der Betrachtung des tellurischen Magnetismus, wollen wir versuchen, dem Instrument, welches wir auf S. 270 beschrieben und das hiernächst auf der vorigen Seite abermals angeführt ist, noch eine neue Bedeutung abzugewinnen.

Es kann Fälle geben, in denen es wünschenswerth ist, auch die geringsten Spuren des Magnetismus aufzufinden, eines Magnetismus, der sich für die gewöhnlichen Prüfungsmittel unfühlbar macht und dessen Vorhandensein man doch nachweisen möchte.

Eine feine und empfindliche Magnetnadel giebt das gewünschte Mittel der Entdeckung dieses verborgenen Magnetismus keineswegs, denn sie wird von einer bedeutenden Kraft, von dem tellurischen Magnetismus, gerichtet und diese Zugkraft muß überwunden werden durch eine andere magnetische Kraft, welche dazu vielleicht nicht stark genug ist.

Da giebt es nun ein sicheres Mittel, daß man nämlich die Magnetnadel, indem sie bei ihrer vollen Polarität bleibt und ihre ganze Bedeutung als Magnet behält, dem Einflusse der magnetischen Kraft entzieht, und dies ist durch die Stellung, welche man ihr giebt, möglich.

Stellt man in dem Fig. 103 angegebenen Instrument den Kreis *A* horizontal, so ist die darin schwebende Nadel eine Abweichungs-, stellt man denselben Kreis senkrecht, so ist die Nadel eine Neigungsnadel, stellt man diesen Kreis aber so schräge, wie die Figur zeigt und zwar genau in der Art, daß die Axe der Nadel eine Lage annimmt, welche der der Neigungsnadel selbst gleich ist, so wird hierdurch die Nadel dem irdischen Magnetismus und dem Einflusse der Polarität der Erde ganz entzogen und zwar solchergestalt, daß sie in jeder beliebigen Stellung, welche sie vermöge ihrer feststehenden Axe annehmen kann, verweilt, ohne eine Spur von Bestreben, diese Stellung aus eigner Wahl zu verändern; man kann also die Nordhälfte derselben nach oben verschieben, nach der rechten oder linken Seite oder nach unten, gleichviel, immer bleibt die Nadel stehen wohin sie der Finger geschoben hat.

Eine sehr geringfügige magnetische Kraft kann nunmehr die Nadel aus der ihr beliebig gegebenen Stellung verrücken und so das Vorhandensein des Magnetismus constatiren. Daher ist das angeführte Instrument von höchster Brauchbarkeit und hat ein Privatmann oder eine öffentliche Anstalt, eine Schule, eine Universität auch hinlängliche Mittel, sich die einzelnen kostbaren Instrumente anzuschaffen, so ist es doch für den Naturforscher, der große Reisen macht, schon darum unschätzbar, weil es drei an räumlicher Ausdehnung nicht unbedeutende Instrumente in eins vereint, was einem Reisenden, der schon mit Barometern, Thermometern, Hygrometern, chemischen Reagentien, Loupen, Mikroskopen und Fernröhren belastet ist, gar nicht gleichgültig sein kann.

Magnetische Curven.

Mittelst solcher äußerst sorgfältig gearbeiteter Instrumente haben Humboldt, Hansteen, Dove, Gauß, Ad. Erman u. A. m. eine außerordentliche Menge von Punkten auf der Erdoberfläche hinsichtlich der Abweichung und Neigung bestimmt, wenn schon noch lange nicht genug zur genauen Kenntniß der Erde und man hat Karten entworfen, welche die Orte, die gleiche Abweichung der Magnetnadel haben (isogonische), durch Linien mit einander verbunden zeigen, ebenso Karten, auf welchen alle Orte von gleicher Neigung (isoklinische) durch Linien mit der Angabe dieser Neigung in Graden verbunden sind. Dieselben sind für die Schifffahrt von der größten Wichtigkeit und haben jene Männer sich ein unsterbliches Verdienst um die Wissenschaft erworben. Der Seefahrer, der von London mit einer Abweichung der Magnetnadel von einigen 20 Graden abreist, der also weiß, den wahren Norden muß ich jetzt, da die Sonne nicht scheint, da der Himmel bewölkt ist, da ich keine Sterne sehe, mithin ganz allein auf meine Magnetnadel und auf meinen Chronometer beschränkt bin, 20 Grad östlich von dem Standpunkte meiner Nadel suchen; der Schiffer, der von London nach dem Ausflusse des Amazonenstromes fährt und glaubte, die gedachte Ablenkung seiner Magnetnadel bliebe auf dem ganzen Wege dieselbe, wie sie es ungefähr an den Küsten von Frankreich und Spanien vorbei wirklich ist, der würde doch bald auf den nächsten Felsen, das nächste Riff oder die erste beste Sandbank laufen, denn schon auf der Höhe von Afrika hat er nur noch 19 Grad Ablenkung, wenn er daran vorbei ist 15, wenn er auf Amerika zusteuert 10 und 5 und endlich am Lande selbst zeigt seine Nadel genau nach Norden ohne Abweichung nach Westen oder Osten, welches letztere aber eintritt, wenn er längs der Küste durch das Karaibische Meer und Westindien nach dem Meerbusen von Mexico fährt, woselbst die Abweichung, die von der Ostküste von Virginien bis zur östlichsten Spitze von Südamerika nicht existirte (Null war), in eine östliche von 5 und 10 Grad umschlägt.

Diesen Wechsel geben die Seekarten an, und jene Gelehrten, sowie andere französische und englische, durch die deutschen, namentlich durch Gauß und Humboldt angeregt, haben sich die Mühe gegeben, diese Abweichungen zu erforschen und dürfen darin nicht rasten, da eben diese Abweichung eine wandelbare ist und man neue Karten mit den gegenwärtigen Ablenkungen nicht nach Schlüssen und Voraussetzungen, sondern lediglich nach Beobachtungen und nach den durch diese erzielten Resultaten entwerfen muß.

Declinationskarten.

Um einen Begriff davon zu geben, wie es möglich ist, diese verschiedenen Abweichungen, Neigungen und Grade der magnetischen Kraft in Systeme zu bringen und durch Linien anzudeuten, lassen wir hier Karten der drei hauptsächlichsten Erscheinungen folgen.

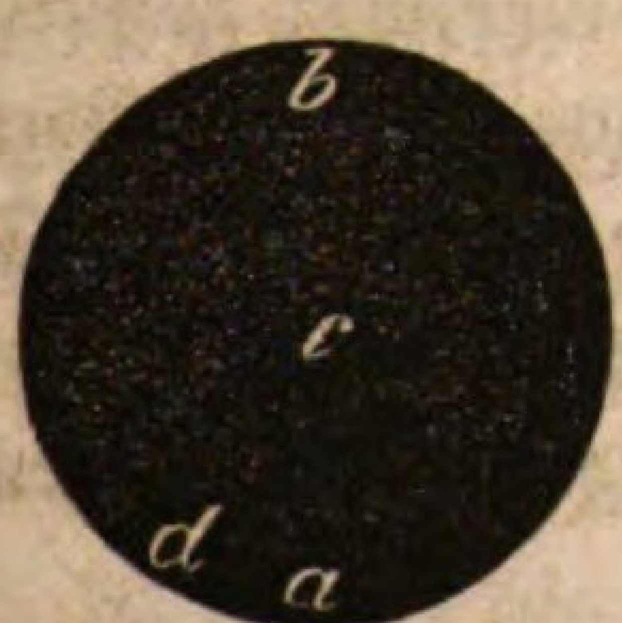
Die erste derselben umfaßt die horizontalen Schwingungen der Magnetnadeln, daher die Abweichungen. Die Linien sind so gezogen, daß diejenigen Punkte, welche eine gleiche Abweichung haben, mit einander verbunden werden.

Es fallen uns dabei am meisten zwei geschlängelte stark gezogene Linien auf, es sind diejenigen, auf welchen die Magnetnadel genau nach Norden weist. Wäre diese Karte eine Kugel, — wie sie denn die ganze Erde vorstellt, — so würden wir wahrnehmen, daß die gedachten Linien keineswegs zwei sind, sondern daß es e i n e ist, welche die ganze Erde umkreist, eine Linie ohne Abweichung, die beiden geographischen und die beiden magnetischen Pole verbindend und den Erdäquator sowohl als den magnetischen durchschneidend.

Wenn ferner die Erde, sowie sie nahezu eine regelmäßige Kugel ist, auch nur nahezu ein regelmäßiger Magnet wäre (gleichviel wo die Pole desselben lägen und gar nicht vorausgesetzt, daß sie in der Nähe der geographischen zu finden seien), so müßte diese Linie ohne Abweichung genau wie ein Meridian verlaufen und derjenige magnetische Meridian, der durch irgend einen Ort ohne Abweichung gezogen würde, müßte zugleich der magnetische und der astronomische Meridian sein für alle Punkte, welche keine Abweichung haben, wie die beiden geraden Linien blauer Farbe in der Gegend des 96. und des 150. Grades sie zeigen.

So ist es nun keineswegs und das kommt vor allen Dingen daher, daß die Erde kein regelmäßiger, sondern ein anomaler Magnet ist. Wäre die nebenstehende Fig. 105 ein kugelförmiger Magnet aus einem Stück Magneteisenstein geschnitten, so daß *c* der Mittelpunkt der Kugel, *a* der eine Pol und *b* der andere wäre und diese drei Punkte in einer geraden Linie lägen, so würde man sagen, die Terrella sei gut gearbeitet; wenn aber der eine Pol nicht bei *a*, sondern bei *d* läge, so würde man den Steinschleifer, welcher dieses Meisterstück ungeschickter Bearbeitung gemacht hätte,

Fig. 105.



als unfähig schelten und ihm rathen, sich sein Lehrgeld zurückgeben zu lassen.

Die Erde unrichtig gestrichen.

Ein so schlecht bearbeiteter Magnet ist die Erde. Wer die vorliegende Karte mit einem Erdglobus vergleicht, wird die beiden Pole (oben links in Nordamerika und unten rechts auf dem durch Capitän James Roß neu entdeckten Victorialand) auf einer Hälfte der Kugel finden, denn die astronomischen Meridiane, welche sie durchschneiden, sind auf der einen Seite 200, auf der anderen 160 Grade von einander entfernt, eine höchst auffallende, starke Unregelmäßigkeit, welche, wenn die Erde ein eigentlicher mineralischer Magnet wäre, gar nicht erklärt werden könnte, so aber, da sie dies nicht ist, ihre Erklärung in der Ursache ihres Magnetismus, in den durch ungleiche Wärme erregten elektrischen Strömungen findet.

Bei der Erde, wenn man sie als regelmäßigen Magnet denkt, jedoch ohne daß dabei die geographischen Pole mit den magnetischen zusammen zu fallen brauchten, müßten die Linien ohne Abweichung verlaufen wie folgt (es wird dabei nur vorausgesetzt, daß der eine Magnetpol so stark als der andere sei, so weit vom geographischen läge als der andere und daß die Axe, welche sie verbindet, die eigentliche geographische Erdaxe im Mittelpunkt der Erde durchschneide):

Ideale Linie ohne Abweichung.

Vom geographischen Nordpol müßten sie durch die Melville-Insel und den magnetischen Pol, durch den Athapescousee, den westlichen gebirgigen Theil von Nordamerika bis zur Mündung des californischen Meerbusens und von da ab durch den großen Ocean bis zum Südpol laufen; von hier stiege sie zu dem magnetischen Südpol auf, ginge durch Kergueleusland und den Chagos-Archipel längs der Inselkette der Malediven aufwärts nach dem Lakediven und dicht an Bombay auf der Halbinsel diesseits des Ganges vorbei, nach dem Meerbusen von Camboya, in dessen innerstem Winkel sie das Festland von Indien berühren würde; von hier hätte sie ihren Verlauf durch das ganze Tiefland des Indus das Reich Lahore, das westliche Turkestan immer weiter aufwärts, durch die Kirgisensteppe über Tobolsk nach dem obischen Meerbusen und über die östlichste Spitze von Nowaja Semlia zurück zum astronomischen Nordpol.

Man sieht auf den ersten Blick, wie weit von dieser imaginairen

Linie ohne Abweichung die wirkliche Linie ohne Abweichung entfernt ist; sie hat nur vier Punkte mit derselben gemein, nämlich die beiden geographischen Pole, den einen der magnetischen und einen Durchschnittspunkt, der wahren mit der eingebildeten. Der zweite magnetische Pol kann nicht in dem regelmäßigen magnetischen Meridian liegen, da er eine anomale Stellung hat. Nehmen wir also den nördlichen magnetischen Pol als einen richtig gelegenen an, so liegt der Südpol an einer falschen Stelle; setzen wir dagegen voraus, daß der magnetische Südpol eine richtige Lage habe, so liegt der magnetische Nordpol nicht an der Stelle, welche ihm bei regelmäßiger Magnetisirung der Erde zukäme.

Die Linie ohne Abweichung müßte so gelegen sein, daß die Magnetnadel jederzeit nach dem geographischen und magnetischen Pole zugleich zeigt, gleichviel ob der magnetische zwischen der Nadel und dem geographischen, oder ob der geographische zwischen der Nadel und dem magnetischen Pole sei. Zwei Stellen nur wären von dieser Behauptung ausgenommen und doch auch nur scheinbar. Stände der Beobachter nämlich auf der Linie ohne Abweichung zwischen dem magnetischen und dem geographischen Nordpol, so würde der Nordpol im Süden der Nadel liegen, dennoch aber würde die Nadel zugleich nach beiden Polen zeigen, nur mit ihren verschiedenen Enden. Dasselbe fände beim Südpol statt. Auf allen andern Punkten der Erde zeigte dasselbe Ende der Nadel gleichzeitig nach beiden Nord- oder beiden Südpolen.

Reale Linie ohne Abweichung.

Ein Blick auf die beigefügte Karte beweist, daß die gedachten Verhältnisse nicht stattfinden. Vom magnetischen Nordpol (der geographische Nordpol ist so wenig wie der Südpol auf einer Karte mit wachsenden Graden, wie die beigefügte, zu sehen) steigt die Linie ohne Abweichung, hier mit 0 bezeichnet, durch den östlichen Theil der vereinigten Staaten herab, verläßt ungefähr bei Philadelphia das Festland, um östlich von den Antillen durch das Meer zu ziehen, bis in der Gegend der Mündung des Amazonenstromes der östliche Theil von Südamerika getroffen und bis gegen Rio de Janeiro abgeschnitten wird. In immer weiter östlichem Verlauf erreicht nunmehr diese Linie, nachdem sie den atlantischen Ocean und das südliche Eismeer durchschnitten hat, den geographischen Südpol.

Dieser Theil derselben ist nicht erforscht, weil es bis jetzt unmöglich war, weiter als bis auf einige 70 Grade zu demselben vorzudringen. Dort auf der unbesuchten Stelle, welche die Gebirge des Victorialandes einnehmen,

muß, falls die Linie wirklich den geographischen Südpol erreicht, dieselbe einen Winkel bilden und von dem Pole (ihn nicht durchschneidend) zurückkehren auf derselben Hälfte der Erde, auf der sie bisher verlief, weil der magnetische Südpol auf dieser nämlichen Hälfte liegt.

Von da, wo sie den letzteren wieder erreicht hat, kennt man sie, denn James Clark Roß ist nahe genug bei demselben gewesen und er und viele andere Reisende haben dazu beigetragen, sie immer genauer zu bestimmen. Die Linie ohne Abweichung steigt vom magnetischen Südpol aufwärts dem Aequator zu, jedoch mit einer stark westlichen Richtung, bis sie die Chagosinseln durchschneidet, worauf sie sich wieder etwas nordwestlich erhebt und endlich von dem persischen Meerbusen durch Persien, das caspische Meer und die Mitte des europäischen Rußlands nach der östlichen Spitze der Halbinsel Kola am Eingange in das weiße Meer und von da durch den astronomischen Nordpol nach dem magnetischen in fast gerader Richtung zieht.

Der Verfasser macht hier nicht dieselbe Bemerkung, wie bei dem südlichen Verlauf dieser Linie, denn zwischen dem 60. und 75. Grade nördlicher Breite verläuft die Linie ohne Abweichung so gerade auf den geographischen und den magnetischen Nordpol zu (welcher in gerader Linie hinter den geographischen liegt, wenn man von dem weißen Meere aus die Richtung nimmt), daß nicht der entfernteste Grund zu der Vermuthung vorliegt, sie möchte dort vielleicht den geographischen Pol nicht erreichen, Krümmungen, Winkel ꝛc. machen, sondern das wirklich Beobachtete zwischen der Melville-Insel und dem Pole einerseits und zwischen Archangel und dem Pole andrerseits auf das Genauste mit der Voraussetzung eines geradlinigen Verlaufes von dem weißen Meere über den geographischen Nordpol nach dem magnetischen, übereinstimmt.

Betrachten wir nun diese gekrümmte Linie der magnetischen Weisungen ohne Abweichung, so werden wir doch finden, daß sie die am wenigsten gekrümmte sei, daß die anderen Linien mit Abweichung, aber mit gleicher, viel stärkere Krümmungen machen oder zum Mindesten noch viel auffallender von der Richtung von Nord nach Süd abgehen.

Linien mit westlicher und östlicher Abweichung.

Verfolgen wir die Linien mit westlicher Abweichung, welche ausgezogen sind, so ist dieses Verhältniß schon sehr merklich; betrachten wir aber die punktirten Linien, welche die östliche Abweichung geben, so ist die Erscheinung noch viel auffallender.

Es krümmt sich z. B. die Linie mit 10 Graden westlicher Abweichung

bedeutend stärker als die von 0 Grad, die Linie mit 20 Graden Abweichung setzt von Nordamerika nach dem Meerbusen von Guinea schräg über den atlantischen Ocean, die äußerste Westküste von Afrika abschneidend, unten aber beinahe parallel mit der Küste von Südafrika verlaufend. Für die Linie mit 22 Graden westlicher Abweichung sieht man gar einen doppelt in Afrika sich kreuzenden Verlauf, die Linien von 30 und 40 Graden Abweichung krümmen sich immer näher zusammen zu elliptischen, einen oder beide Pole umschließenden Curven.

Noch wunderbarer aber sind die Linien östlicher Abweichung gestaltet. Diejenige von 10 Graden, welche vom magnetischen Nordpol gerade nach Süden verläuft, tritt an der Südspitze von Californien plötzlich mit einer Biegung, welche beinahe senkrecht auf ihren bisherigen Verlauf gerichtet ist, in das stille Meer und beschreibt hier eine große Ellipse, deren fernste Krümmung den Meridian von Neu-Seeland erreicht, dann wieder zurückkehrt bis nach Amerika, wovon sie ganz Patagonien und Chile abschneidet und dann durch das südliche Eismeer sich nach der Gegend des Südpoles wendet.

Linien, die concentrische Systeme bilden.

Zwischen dieser und der Linie ohne Abweichung, doch viel näher an der ersteren, läuft, von beiden Polen ausgehend, mit derselben an vielen Punkten nahezu parallel, diejenige, auf welcher die Magnetnadel eine Abweichung von 8¾ Graden östlich zeigt; allein sie macht, indem sie sowohl in Nord- als in Südamerika die Linie ohne Abweichung und mit ihr das Festland verläßt, in der Nähe des geographischen Aequators eine völlige Schleife oder Schlinge, indem sie ganz in sich zurückkehrt, so daß sich aus dieser und der vorigen Linie von 10 Graden Abweichung ein ziemlich concentrisches System gestaltet, innerhalb dessen die östlichen Abweichungen sich ebenso verringern, bis sie nur noch 5 Grade betragen, wie sie umgekehrt nach außen zu größer werden.

Ein ganz ähnliches concentrisches System haben A. Erman und Hansteen im östlichen Sibirien und nördlichen China gefunden. Dort sieht man ein fast regelmäßiges Oval, auf welchem ganz gesondert von der großen früher beschriebenen Linie ohne Abweichung gleichfalls keine Abweichung stattfindet, die Magnetnadel nach dem astronomischen Norden zeigt. Innerhalb dieser Ellipse zeigt die Magnetnadel überall mehr oder minder westlich vom wahren Norden, außerhalb der gedachten Linie dagegen ist die Abweichung eine östliche.

Die Linie mit 10 Graden Abweichung umgiebt die elliptische Linie ohne

Abweichung ganz vollständig, macht aber südlich von derselben eine Schlinge, deren eines Ende nach Süden zu verläuft und Neuholland auf der Ostseite streift, indeß das andere Ende dieser Schleife von dem Verschlingungspunkte wieder aufwärts und zwar von Borneo an um Indien herum und durch Persien und Rußland fast ganz parallel mit der wirklichen (nicht imaginären) Linie ohne Abweichung weiter geht.

Auf der Nordseite der Ellipse ohne Abweichung und außerhalb der sie umgebenden von 10 Graden östlicher Ausschreitung sieht man noch mehrere Linien mit starken östlichen Abweichungen, sie alle aber umgeben die Ellipse nur halb und kehren, nachdem sie eine große Concavität gegen sie gebildet haben, wieder zurück, die Linie von 15 Graden beinahe bis zum Parallelismus mit der von 0 Grad Abweichung.

Ueber die Ursachen der Abweichung.

Die beigefügte Karte ist eine solche, welche die isogonischen Linien enthält, — so nennt man, von den gleichen Winkeln, welche die Magnetnadeln auf denselben machen, die Abweichungskarten. Ein Blick auf dieselben unterrichtet über die wunderbaren Verhältnisse, die wir soeben besprochen, besser als ein großer Reichthum von Worten es kann. Sieht man die eigenthümlichen ganz geschlossenen Systeme, so muß man sich geneigt fühlen, sie lokalen Ursachen zuzuschreiben und doch sträubt sich der menschliche Geist gegen den Gedanken der Annahme irgend einer besonderen Gestaltung der magnetischen Verhältnisse, weil man gefunden hat, daß dieselben eine viel allgemeinere Ursache haben, als etwa eine Axe von Magnetstahl und ein paar Magnetberge, und diese selbst, wie sie wirklich vorhanden sind, geben auch gar nicht so weit greifende Störungen der magnetischen Richtung.

Magnetberg auf St. Domingo.

Ein solcher Magnetberg befindet sich auf der Insel St. Domingo (Hayti), an den Ufern des Yunaflusses, allein obschon er 60 Fuß hoch, aus lauter mehr oder minder großen Octaedern von wirklichem crystallisirtem Magneteisenstein besteht und zusammenhängende Klumpen von mehreren tausend Pfund Gewicht in seinem Schoße beherbergt, so wird die Magnetnadel in der Grasflur, welche ihn umgiebt, doch nicht im Geringsten abgelenkt und eine Beobachtung der Mittagslinie, verbunden mit der Abweichung, welche die magnetischen Tafeln für diese Gegend bestimmen, zeigt, daß die

Magnetnadel auf allen Punkten rund um den Magnetberg mit dem Meridian denselben Winkel macht, der für diese Gegend berechnet ist. Ja, was vielleicht noch viel auffallender ist, auf dem Hügel selbst kommt die Nadel in alle mögliche Lagen, tanzt wirbelnd im Kreise umher, zeigt auf dieser Stelle mit dem Nordende direct nach Süden, an einem Orte drei Schritte davon nach Westen oder Osten, doch nicht langsam aus einer Stellung in die andere übergehend, sondern den Wechsel stets durch wildes Kreiseln um ihren Stützpunkt einleitend; aber alles dies nicht mehr bei einigen Fuß Entfernung vom Boden, und in einer Höhe, welche dem Auge des Beobachters entspricht, also zwischen 4 und 5 Fuß, ist keine Spur mehr von Ablenkung zu bemerken, die Magnetnadel zeigt nach dem wahren Norden (bis auf wenige Minuten), wie es nicht anders sein kann, da die Linie ohne Abweichung durch St. Domingo geht, wie es aber jedenfalls ganz anders erwartet werden mußte, wenn man bedenkt, welche Ausdehnung der Hügel hat und welche Blöcke von Magneteisenstein, auf demselben ihre Polarität frei zeigend, liegen.

Magnetberg auf Elba.

Die Insel Elba im Mittelmeere ist viel mehr bekannt als das Kaiserreich Napoleons, denn als Magnetberg, ob zwar sie beinahe ganz ein solcher ist, denn wenigstens in ihrem östlichen Theile treten gewaltige Bergmassen von reinem oxydirten Eisen zu Tage und man nimmt wie in Falun und Dannemora das Erz nicht aus der Erde (aus Schachten und Stollen), sondern von der Erde und die trefflichsten Kabinetsstücke zu natürlichen Magneten kamen sonst, so lange man noch danach suchte, von Elba; dennoch ist niemals ein Schiff dort etwa auf die Küsten gelaufen und gescheitert, weil die Magnetnadel nicht richtig zeigte. Daß Störungen bleibender Art vorhanden sind, liegt am Tage, denn jene elliptischen Systeme passen nicht in das große Ganze und müssen gesonderte Ursachen haben; Magnetklumpen aber sind es nicht, welche jene Variationen hervorbringen, dies ist unzweifelhaft geworden.

Nach Betrachtung der isogonischen Linien wenden wir uns zu einer zweiten Karte, derjenigen, welche uns die isoklinischen Linien, die gleicher Neigung, zeigt.

Karten mit wachsenden Graden.

Wir müssen für diese wie für die vorige und folgende Karte bemerken, daß, um ein anschauliches Bild von dem Gegenstande zu haben, dieselben eigentlich eine jede für sich um einen passenden Cylinder gespannt werden müssen, dann laufen die Querlinien alle in einander und man sieht, in welcher Art die magnetischen Curven sich verschlingen.

Die Karten sind nämlich nach der Projektion des Mathematikers Gerhard Mercator gezeichnet, es ist diejenige, welche man gewöhnlich bei See- oder Schiffskarten findet und welche wachsende Breitengrade haben, indeß die Längengrade alle gleich bleiben. Für die Schifffahrt ist es wichtig, überall auf der Karte gerade Linien ziehen, alle Meridiane unter gleichen Winkeln schneiden zu können; mit einem Globus und mit den Karten, welche nach der Kugelform gezeichnet sind, geht dies nicht, dort bleiben die Meridiangrade, die Breitengrade sich gleich und die Längengrade werden, je weiter man sich vom Aequator entfernt, desto kürzer.

Der Entwurf der Karte nach wachsenden Breitengraden giebt ein scheinbar entstelltes Bild; auch ist es unmöglich, die Pole selbst dadurch zu erreichen, denn die Breitengrade wachsen genau so wie die Längengrade sich verkürzen sollten. Dort also, wo die Längengrade statt 15 Meilen nur 1 Meile messen, ist es schon nöthig, die Breitengrade 15mal so lang zu machen als sie am Aequator sind, da wo sie aber nur $^1/_{1000}$ Meile haben, muß man die Breitengrade 15000mal so lang machen als da, wo die Längengrade 15000mal, nämlich 15 ganze Meilen lang sind; man sieht wohl, daß hiermit noch nicht der Pol erreicht, denn der Grad hat dabei noch immer 24 Fuß Länge, am Pole selbst aber hat er gar keine Länge, sondern alle 360 Längengrade fallen in einen einzigen Punkt zusammen, daher läßt sich das immer gleich bleiben sollende Verhältniß zwischen Längen- und Breitengraden gar nicht mehr ausdrücken; allein so weit es bequem möglich ist, bis über den 70., ja bis über den 80. Grad hinaus, setzt man dies Verfahren fort und hat man auch im Ganzen ein falsches Bild (indem z. B. die Erde dadurch zum Cylinder wird statt zur Kugel), so ist es doch im Einzelnen vollkommen richtig.

Verhältniß der Grade zu einander.

Man nehme sich irgend einen Quadratgrad unter dem Aequator aus der Karte heraus, so ist das Verhältniß seiner Breite zu seiner Länge wie 15 zu 15; nun nehme man einen Quadratgrad aus der Gegend des

60. Parallelkreises, also aus der Gegend von Petersburg: hier ist das Verhältniß wie 15 zu 7 ½, d. h., beides auf einfache Zahlen zurückgeführt, wie 2 zu 2 und wie 2 zu 1. Auf einer Karte drückt sich das Verhältniß so aus, daß man am Aequator die Grade der Länge und der Breite gleich lang macht, unter dem 60. Grade jedoch die der Länge nur halb so lang als die der Breite. Dasselbe Verhältniß der einzelnen Grade und der Gradtheile zu einander bekommt man jedoch, wenn man unter dem 60. Grade die Längengrade so lang läßt als sie am Aequator sind, hingegen die Grade der Breite doppelt so lang macht (das Verhältniß von 1 zu 2 ist ganz genau dasselbe wie von ½ zu 1). Dies geschieht nun auf den Mercatorkarten und von dieser Art sind die vorliegenden alle drei, wie man denn auch auf den ersten Blick sieht, daß die ganze Karte unter dem 70. Grade nördlicher oder südlicher Breite die volle Ausdehnung in die Länge hat wie unter dem Aequator, was doch durchaus naturwidrig ist; allein dem Zwecke, seine Curse durch gerade Linien vorzuziehen, entspricht diese Anordnung vollkommen und dies ist für die Schifffahrt von größter Wichtigkeit, denn der Schiffer will wissen, unter welchem Winkel er alle Meridiane zu schneiden hat, wenn er von Gibraltar nach New-York oder von Veracruz nach dem Cap reisen will. Zöge er auf einer gewöhnlichen Karte eine gerade Linie, so würde er jeden Meridian unter einem anderen Grade schneiden, d. h. seinen Curs immerfort verändern müssen, was höchst unbequem ist; wollte er aber Meridiane unter dem Winkel schneiden, welchen die Karte für den ersten Durchschnittspunkt giebt, so würde er schon beim zweiten von seinem Ziele ab und nimmer zum Ziele kommen, sondern, falls es möglich wäre, daß er so fort reiste, sich in stets enger werdenden Schlingen um den Pol bewegen, also eine große Spirale beschreiben, welche man die loxodromische Linie nennt (von den griechischen Worten loxos schief oder schräge und dromos der Lauf). Nun beschreibt zwar jedes Schiff, welches die Meridiangrade nicht unter lauter rechten Winkeln schneidet, eine solche loxodromische Linie und ein Theil der Schiffskunde ist die Loxodromie, die Lehre diese Linie aufzufinden und zu benutzen; die Mercatorkarten (eine von jenen Erfindungen for practic man, wie die Engländer, diese Leute, die nicht rechnen können und doch von den Resultaten der Wissenschaft Nutzen ziehen wollen, zu sagen pflegen) geben nun die bequemste Anleitung zur Benutzung und Ausübung der Loxodromie, ohne die Anwendung der Rechnung zu finden.

Für unsere Zwecke wären Karten nach der gewöhnlichen Projection eben so brauchbar; die vorliegenden sind jedoch gewählt worden, weil in Schemata dieser Art die Beobachtungen von den Seefahrern eingetragen

sind und es umständlich gewesen wäre, alle diese Einzelnheiten auf die andere Art von Kartenzeichnung zurück zu berechnen.

Neigungskarten.

Spannt man nun, wie bereits gelehrt worden, diese Karten auf einen angemessenen großen Cylinder, so daß sie genau in einander laufen, die linke Seite derselben genau mit der rechten zusammen fällt, so erhält man ein vollständig getreues Bild der magnetischen Linien.

Die hier eingeschaltete zweite von diesen Karten zeigt die Linien gleicher Neigung; die mittelste derselben, die stärker ausgezogene, ist der magnetische Aequator, sie durchschneidet an den angegebenen Punkten den Erdäquator. Die punktirte Linie, welche ziemlich nahe derselben läuft, sie jedoch an mehreren Punkten unter sehr spitzen Winkeln durchschneidet, ist derselbe magnetische Aequator, wie er sich nach den neuesten Beobachtungen gestaltet hat, der erste, der ältere ist festgestellt, wie die Doppellinie giebt, aus unzähligen Versuchen, welche die gelehrten Begleiter der verschiedenen Expeditionen gemacht haben, um die Lage des magnetischen Aequators zu bestimmen und er verlief am Anfange dieses Jahrhunderts wirklich so. Seit dieser Zeit sind jedoch alle magnetischen Linien anders geworden als sie damals waren und an manchen Stellen hat man die veränderte Lage des magnetischen Aequators thatsächlich so beobachtet, wie die punktirte Linie giebt, und aus der Beobachtung, daß eine Menge Punkte dieser Linie wirklich fortgerückt sind, hat man nicht ohne Grund geschlossen, daß die andern Punkte derselben Linie wohl diesen fortrückenden Stellen verhältnißmäßig gefolgt sein dürften und hat nach solcher sehr wahrscheinlichen Annahme die unbekannten Punkte mit den bekannten verbunden, einen zweiten Aequator, wie er wahrscheinlich ist, darstellen können, neben einem ersten, wie er einmal wirklich vorhanden war. Nur bei dem Aequator ist übrigens dieser Versuch gemacht, alle übrigen Linien sind nach den wirklich angestellten Beobachtungen gezogen und entsprechen dem Stande der Dinge zwischen den Jahren 1826 und 1836.

Die nächsten ober- und unterhalb des Aequators laufenden Linien sind diejenigen mit einer Neigung von 30 Graden und zwar sinkt auf unserer Seite die nördliche Hälfte der Nadel, auf der südlichen die südliche Hälfte nieder, und wenn man vom Aequator ausgehend mit der Inclinationsnadel nach Norden oder Süden wandert, so sinkt die angezogene Nadelspitze zuerst einen halben, einen ganzen, dann zwei, fünf, zehn und mehr Grade abwärts, wie man sich dem magnetischen Pole der nördlichen oder südlichen Hälfte

mehr oder minder nähert. Die Linien sind hier in großen Entfernungen von einander gezogen, viel zu weit, um dem Studium des terrestrischen Magnetismus zu dienen; allein sie können in einem Lehrbuch der Physik auch diesen Zweck nicht haben, dergleichen kann man nur in einem Werke suchen, welches den Verhältnissen der Erde als großem Magnet ausschließlich gewidmet ist; hier wird es genügen diese Linie von 30 zu 30 Graden ausgezogen zu sehen, die nöthigen Begriffe können dadurch gewonnen, die Thatsachen festgestellt werden und die Deutlichkeit der Karten kann nur gewinnen.

Große Räume gänzlich unbekannt.

Die Linien einer Neigung zwischen 30 und 60 Graden verlaufen, so weit sie das Land betreffen, fast durchaus in einer terra incognita. Columbia und Mexico, wenn schon durch Humboldt uns näher gerückt, sind doch durch ihre wüthenden politischen Vertilgungskriege so sehr in eine Barbarei, aus der sie sich am Anfange dieses Jahrhunderts kaum nothdürftig erhoben hatten, zurück versunken, daß sie so wenig wie Nordafrika oder Persien, die Tatarei in China uns Beobachtungsresultate liefern. Wie wenig ein Bestreben, die Natur zu erforschen, in Sicilien, Griechenland unter Räubern und Knechten gedeihen kann, wie vereinzelt es sich (z. B. in Catanea) zeigt, darf wohl kaum gesagt werden; viel besser war es damit in der Krim und am Caspisee bestellt, wo das russische Gouvernement mit großem Geldaufwande meteorologische Warten aller Art errichten ließ, welche sich über ganz Rußland in Europa und Asien ausgebreitet haben.

Besonders wichtig sind uns aber die Räume zwischen der Neigung der Magnetnadel von 60 bis 80 Graden. Wo die Nadel diese Stellung hat, findet sie überall die Civilisation entweder auf ihrem höchsten Gipfel, wie in Europa, oder sie findet das Bestreben danach, wie in den Städten des russischen Asiens, oder sie findet wenigstens ein Kokettiren damit, wie in den vereinigten Staaten von Nordamerika, in Folge dessen auch dort viel für die Naturwissenschaften geschieht, um nicht auch in diesem Theile der menschlichen Gesittung so schmachvoll zurück zu bleiben wie in allen anderen.

Eigenthümliche Senkung einzelner Linien.

Auf unserer Karte sieht man sehr deutlich, wie der große Zwischenraum zwischen der Linie von 60 Grad und von 80 Grad Neigung sich nach Westen hin dem Aequator zu senkt, sowohl als sich verengert, sich in

geringeren Grenzen zusammen zieht. Im östlichen Europa hat der Zwischenraum eine Breite von 30 Meridiangraden, in Amerika kaum von 20. In Europa liegt die untere Grenze unter 46 Grad nördlicher Breite, in Amerika unter 23 Grad.

Diese Erscheinung wird erklärlich, wenn wir uns die Lage der magnetischen Pole und des magnetischen Aequators vergegenwärtigen. Da der magnetische Nordpol auf der westlichen Erdhälfte liegt, so muß die ihm zugehörige Gleichgewichtslinie auf dieser Seite unter den geographischen Aequator nach der Südhälfte zu sinken, und da der magnetische Südpol zwar nicht diametral entgegengesetzt, doch mehr nach der östlichen als westlichen Seite der Erde (von uns in Europa aus betrachtet) hinauf rückt, so muß dort der magnetische Aequator von dem geographischen sich um eine ziemlich gleiche Strecke nach Norden zu entfernen, wie dies auch wirklich geschieht und wie es die magnetische Gleichgewichtslinie auf dem Kärtchen ausspricht.

Auffallender aber als am Aequator wird die vermehrte Krümmung bei den übrigen Linien gleicher Neigung, weil sie sich aus dem Zustande des Gleichgewichts immer mehr entfernen, die Unterschiede der Anziehung unter gleichen Parallelkreisen immer stärker werden, in je höhere Breiten man rückt. Zwischen dem 60. und 70. Grade steht man in Nordamerika über dem magnetischen Nordpol, in Nordasien aber steht man unter gleicher Breite um 50 Grade davon. Das Verhältniß von 1 Grad zu 50 Grad ist aber ein sehr viel größeres als von 68 Grad zu 113 Grad, wie es in Amerika oder in Asien unter dem Aequator statt hat. Auf der westlichen Hälfte steht nämlich die Neigungsnadel im geographischen Aequator 68 Grad vom magnetischen Nordpol, auf der östlichen Hälfte aber steht sie vom magnetischen Nordpol nicht allein um einen ganzen Quadranten entfernt, sondern auch noch um die 23 Grad, um welche der magnetische Pol vom geographischen entfernt liegt; darum sinkt denn auch der magnetische Aequator auf der westlichen Seite um 20 Grad und unter den geographischen und eben deshalb steigt er auch auf der östlichen Seite eben so weit darüber empor.

Die magnetischen Pole.

Wir sehen auf der Südhälfte der Erde eine ganz entsprechende Anordnung der Curven. Wie sich bei uns die sämmtlichen Linien auf einen von hier aus nördlich und westlich gelegenen Punkt beziehen, den magnetischen Nordpol, so beziehen sich ganz ähnlich verlaufende Liniensysteme auf der von

uns durch den Aequator getrennten Erde auf einen von uns aus südlich und östlich gelegenen Punkt, den magnetischen Südpol, welchen die Schiffe Erebus und Terror unter den Befehlen des Capitän Roß bei der zur Auffuchung des Südpolarlandes ausgeschickten Expedition beinahe erreichten. Der Pol liegt zwischen dem 12000 Fuß hohen Vulkan Erebus, welcher sich unmittelbar aus dem ewigen Eise erhebt und dem weiter landeinwärts gelegenen zweiten nicht minder hohen Vulkan Terror, — beide von Capitän Roß nach den Schiffen, die er kommandirte, so genannt.

Dieser magnetische Südpol, den James Clark Roß am 28. Januar 1841 entdeckte (sowie dessen Vater Sir John Roß zehn Jahre früher den magnetischen Nordpol auffand), liegt auf dem Südpolarcontinent, südlich von Neuholland, doch keineswegs dem nördlichen diametral gegenüber, sondern so weit seitwärts gerückt, daß die Linie, welche beide Pole verbindet, nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht, sondern von dem größten Kreise, den man um die Erde durch beide Magnetpole ziehen kann, eine Sehne von 160 Graden abschneidet. Nur wenn dieser Abschnitt 180 Grade betrüge, lägen die Pole einander gegenüber und dann wären beide Abschnitte des Kreises gleich und die gedachte Sehne wäre ein Durchmesser.

Wäre die Vertheilung des Magnetismus auf der Erde regelmäßig, so würde man mit Bestimmtheit voraussagen können, wie auf jedem Punkte der Erde die Magnetnadel zeigen müsse, man erhielte so schön kreisförmig gezogene Meridiane wie man geographische hat. Gleich weit von beiden Polen würde sich ein, alle diese Meridiane gleichzeitig senkrecht durchschneidender und halbirender Aequator finden, auf diesem müßte überall die Neigungsnadel horizontal stehen und die Intensität müßte überall auf dieser Linie dieselbe und zugleich die geringste sein, d. h. eine Neigungs- oder auch eine Abweichungsnadel müßte auf der ganzen Ausdehnung dieser Linie in gleicher Zeit gleich viele und auch die geringste Anzahl von Schwingungen machen.

Erforschung der Intensität.

Leider ist alles das Mögliche nicht so in der Wirklichkeit, und der große Magnet, den wir die Erde nennen, ist unregelmäßig gestrichen, hat ungleich starke Pole, hat vielleicht drei oder gar vier, wie die magnetischen Figuren, welche man auf seiner Oberfläche gezogen hat, uns zeigen; dies finden wir denn auch wieder bestätigt bei Betrachtung der nächsten Karte, derjenigen, welche uns die soeben berührte magnetische Intensität zeigt.

Wir müssen uns die Sache folgendermaßen vorstellen. Eine Magnet-

nadel von gutem gehärtetem Stahl, möglichst kräftig magnetisirt, wird an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt und in Schwingung gesetzt. Nachdem sie die Störungen, welche der Anstoß ihr gegeben, überwunden hat und nun ganz ruhige Schwingungen macht, beginnt man die Menge der Schwingungen, welche in einer beliebigen aber immer gleichen Zeit vor sich gehen, zu zählen; wir wollen annehmen, sie habe in 10 Minuten 280 Schwingungen gemacht. Wiederholte Versuche an folgenden, an späteren Tagen belehren den Experimentator, daß die Zahl der Schwingungen in der nämlichen Zeit unverändert dieselbe bleibt, so wird er sagen können: ich habe nunmehr ein wenigstens relatives Maß für die Stärke, mit welcher der Erdmagnetismus auf eine Nadel wirkt.

Geht der Forscher mit dem Instrument, welches er hier gebraucht hat, an einen südlicher gelegenen Ort und findet er, daß daselbst die Nadel in 10 Minuten nur 250 Schwingungen macht, so wird er zu dem Schlusse berechtigt sein, daß dort eine geringere magnetische Intensität sei, umgekehrt wird er schließen, die Intensität sei größer, wenn er bei einem weiter nördlich gelegenen Orte die Schwingungszahl sich auf 300 erheben sieht, da er doch an dem früheren Orte nur 280 zählte.

Humboldt's magnetische Intensitätseinheit.

A. v. Humboldt hat dergleichen Schwingunsversuche am Anfange dieses Jahrhunderts auf dem magnetischen Aequator im nördlichen Peru gemacht und die Zahl, welche er fand, ist als Einheit allen andern Messungen ähnlicher Art zu Grunde gelegt, man bezeichnet dieselben mit 1,000, gleichgültig wie viel davon gewesen. Gesetzt es wären 260 in 10 Minuten gewesen und man fände an einem anderen Orte, daß 520 Schwingungen in 10 Minuten gemacht werden, so würde man sagen, die Intensität sei dort 2,000; sie ist nämlich doppelt so groß als am ersten Orte. Man bedient sich übrigens jetzt der Neigungsnadel zu diesen Messungen.

Mit diesem Instrumente und mit der bekannten Humboldt'schen Einheit hat man nun auf der Erdoberfläche nach magnetischen Intensitäten herumgetastet und gesucht und hat auch hierbei die merkwürdigsten Unregelmäßigkeiten gefunden.

Wer sollte, wenn er die Physik auch nur höchst oberflächlich betrieben, nicht glauben, daß die Intensität des Magnetismus an den magnetischen Polen am stärksten sein müsse, doch wunderbarer Weise ist dies keineswegs der Fall. Capitän Sabine hat auf dem magnetischen Nordpol die Neigungsnadel schwingen lassen und aus der Zahl der Schwingungen herge-

leitet, daß die Intensität des Magnetismus daselbst im Vergleich mit der Humboldt'schen Einheit 1,624 sei.

Capitän James Roß befragte seine Inclinationsnadel in der Nähe des Südpols, jedoch nordwestlich davon unter 73 Grad südlicher Breite und fand eine viel höhere Intensität, nämlich 2,050, also über das Doppelte der Humboldt'schen Einheit. Hier ist schon etwas sehr Befremdendes, die südliche Polarität muß also viel stärker sein als die nördliche, die Enden des Erdmagnets sind von ungleicher Kraft; etwas Anderes ist noch die Frage, ob der eigentliche magnetische Südpol nicht vielleicht eine noch größere Intensität besitze, denn die Versuche hierüber wurden von James Roß nicht auf dem Pole selbst, wo die Nadel 90 Grad gezeigt, wo sie senkrecht gestanden haben müßte, sondern noch beträchtlich weit davon an einer Stelle, an welcher die Neigungsnadel 87 Grade zeigte, gemacht. Es ist aber auch möglich, daß der eigentliche Südpol nicht von größerer Kraft sei, als die unter 73 Grad gefundene und dann wäre die Unregelmäßigkeit noch ärger; nicht nur wäre der Südpol stärker als der Nordpol, sondern die stärkste Intensität wäre gar nicht an den Polen zu suchen, und leider tritt dieser alle Berechnungen zu Schanden machende Fall wirklich ein. Vom Südpol kann man es nur vermuthen, vom Nordpol ist es bewiesen, denn an vielen Orten weit vom Nordpol entfernt schwingt die Magnetnadel so viel mehr als am Nordpol selbst, daß die Sache keinem Zweifel mehr unterliegt. In New-York z. B. ist die magnetische Intensität 1,803, also beinahe an $^2/_{10}$ der Humboldt'schen Einheit größer als am Nordpol.

Dieser Umstand ist jedenfalls für die Physik ein Uebelstand, er setzt uns in die Nothwendigkeit, alle Schlüsse und Folgerungen aufzugeben und uns lediglich an die erforschten durch Experimente ermittelten Thatsachen zu halten.

Intensitätskarte.

Aus solchen Forschungen ist die beigefügte dritte Karte über die Intensität des Magnetismus hervorgegangen, welche ein anschauliches Bild dieser wunderbaren Verhältnisse giebt. Wir sehen oben links und unten rechts zwei Centralpunkte der Intensität, nach welchen hin sich dieselbe steigert, das sind die Polargegenden. Allein wir sehen mit Erstaunen, daß die Steigerung von dem Aequator nach den Polen zunimmt nur bis auf eine gewisse Linie hin, welche durch die Behringsstraße, durch die vereinigten Staaten, durch die canadischen Seen, Labrador, die Hudsonsbai und Grönland geht, daß aber jenseits dieser Linie die Intensität wieder bedeutend abnimmt und

am Pole, wo man sie am stärksten zu finden meinen sollte, noch um ein Bedeutendes geringer ist als auf der letzten Linie der Karte.

Nach dem Südpol zu sieht man nur eine fortwährende Steigerung, eine größere als auf der Nordhälfte, da aber, wo die Abnahme sich vielleicht zeigen würde, unterhalb der mit 250 bezeichneten Linie, ist man noch nicht hingelangt, um Schlüsse und Folgerungen zu machen, ist, wie wir gesehen haben, in dieser Angelegenheit etwas wirklich Unerlaubtes.

Es wäre nun zu muthmaßen, daß wie die Intensität sich nach den Polen zu steigert, so dieselbe gegen den Aequator hin abnimmt. Dies findet auch an gewissen Punkten statt; geht man in der Mitte der Karte auf dem mit 0 bezeichneten Meridian von England, aus der Polargegend nach den Aequator zu, so findet man die Intensität sich verringern bis auf 700, d. h. bis auf $\frac{7}{10}$ der Humboldt'schen Einheit. Gehen wir an den beiden Kanten der Karte desselben Weges, so finden wir schon eine bedeutende Anomalie, die Intensität verringert sich zwar unaufhörlich bis zum magnetischen Aequator hin, aber nicht bis auf 700, sondern nur bis auf 900. Zwischen diesen beiden Grenzen aber, an dem Meridian von England 90 Grad westwärts oder östlich gehend, steht die geringste Intensität um $\frac{1}{10}$ höher als die Humboldt'sche Einheit, dieselbe ist in Südasien auf den Halbinseln diesseits und jenseits des Ganges, ferner im stillen Meere unter die Meridiane von Californien noch 1100.

Abgesonderte Systeme.

Zieht man die Linien aus, welche sich durch zahllose Beobachtungen nach und nach ergeben haben, wie dieses auf unserer Karte geschehen ist, so gestalten sich ganz wunderbar abgesonderte Systeme gleicher Intensität, gewissermaßen magnetische Schwächepole gegenüber den magnetischen Kraftpolen. Das Wunderbare der Erscheinung liegt keineswegs darin, daß eine solche Abschwächung stattfindet, sondern darin, daß sie sich an zwei Punkten, oder besser gesagt auf zwei abgesonderten Räumen zeigt, sie müßte wahrgenommen werden überall auf dem magnetischen Aequator, aber rund um die Erde in gleicher Stärke, statt daß sich, wie die Karte zeigt, zwei ganz entschieden wahrnehmbare abgesonderte Systeme von elliptischer Form, welche um den Erdumfang von einander abstehen und ungefähr dort liegen, wo der magnetische Aequator den geographischen durchschneidet, bilden.

Die eine dieser Ellipsen geringster Intensität umfaßt das Becken des atlantischen Oceans, welches sich zwischen den einspringenden Winkel von

Afrika und den ausspringenden Winkel von Südamerika ausbreitet; dort im Golf von Guinea liegt die Insel St. Thomas, welche vom geographischen Aequator berührt wird; auf ihr war einstmals der Durchschnittspunkt zwischen diesem und dem magnetischen Aequator. Von hier an steigt die Intensität (die übrigens, wie gesagt, daselbst auf der ganzen Erde am niedrigsten ist, nämlich nur 0,700, d. h. $\frac{7}{10}$ der Humboldt'schen Einheit) nach beiden Polen zu bis auf 1800 und 2200. Die andere Ellipse (auf der Karte ist sie in zwei Stücke halbirt wegen ihrer Lage an den Grenzen derselben) liegt um den halben Erdumfang von dieser ersten entfernt, ist aber bei weitem nicht so niedrig stehend als die erste, sie hat in dem Raum ihrer größten Schwäche noch 0,920, also über $\frac{9}{10}$ der öfter schon genannten Einheit.

Wäre die Erde eine breite Fläche, etwa von elliptischer Form, an deren langen Enden die Pole der magnetischen Kraft lägen, so würde eine solche Gestaltung der magnetischen Schwächepole denkbar sein, man würde sie die Indifferenzpunkte nennen, da die Erde jedoch eine Kugel ist, so hört die Sache auf erklärlich zu sein, sie ist eins von den Problemen, deren Lösung wir der Zukunft übertragen müssen.

Im Uebrigen stimmt die Verschiedenheit der Intensität an diesen Schwächepolen sehr wohl mit der verschiedenen Kraft an den Polen selbst überein.

Alle diese Richtungen und Abweichungen und die Wandelbarkeit derselben deuten darauf, daß die magnetische Kraft nicht in einem oder zwei Punkten unfern des Nord- und des Südpoles unseres Planeten ihren Sitz hat, sondern daß die Kraft über die ganze Erdoberfläche vertheilt und von äußeren Ursachen abhängig ist.

Magnetische Pole der Erde.

Man hat zwar in der Nähe des terrestrischen Nord- und Südpols, ersteres auf Boothia Felix, letzteres auf Victorialand, diejenigen Punkte gefunden, auf denen die Inclinationsnadel senkrecht steht und auf denen selbst der gewöhnliche Compas in jeder Richtung stehen bleibt, weil er nicht mehr nach dem Punkte zeigen kann, über dem er steht (dazu ist nur die Neigungsnadel geeignet), man hat also den magnetischen Nord- und Südpol gefunden, aber es ist dort nichts entdeckt worden, was auf ein *Magnetischsein dieser Stelle schließen* ließe, was auch mit der *veränderlichen* Stelle dieser Pole als vollkommen übereinstimmend anerkannt werden muß.

Wäre ferner der Sitz der Kraft im magnetischen Nord- und Südpole, so müßte die Magnetnadel nicht allein gerichtet, sie müßte *angezogen* werden.

Versuche der Art sind gemacht, man hat eine Magnetnadel auf Quecksilber gelegt, darauf schwimmt sie, ferner erlangt sie, trotz der nicht unbedeutenden Reibung, ziemlich genau die Richtung, welche ihr zusteht; man hat eine Magnetnadel auf einem runden, platten, gut lackirten Holzcylinder befestigt, auch hier nimmt sie und noch viel genauer die Richtung an; allein sie bewegt sich nicht nach Norden, sondern sie bleibt ruhig in der Mitte des Gefäßes schweben, nähert sich aber sogleich einem, wenn auch auf ziemliche Entfernung dargebotenen Magnet.

Man hat diese Versuche vielfach verlacht und verspottet, und hat gesagt, wie soll denn die Nadel nach Norden gehen, sie wird ja vom Südpol der Erde eben so stark angezogen als vom Nordpol. Dies ist ein Irrthum, denn sie ist vom Südpol dreimal so weit entfernt als vom Nordpol, muß also neunmal geringer angezogen werden und könnte daher wohl zum Nordpol gezogen werden, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man unter ein Gefäß von einiger Länge, in welchem eine Magnetnadel schwimmt, einen Magnet legt, so daß die Nadel einem Pole näher ist als dem andern, sie bewegt sich ganz entschieden zu diesem näheren hin und bleibt über ihm stehen; lächerlich ist also der oben gedachte Versuch nicht, daß er jedoch das Resultat, was der letzte Versuch giebt, nicht liefert, das ist eben ein Beweis, daß in dem Pole der Erde selbst die Kraft nicht liegt und daß seine Wirkung nur als die Summe aller der durch irgend eine Kraft (fast ohne Zweifel durch Wärme erregte elektrische Strömung) hervorgebrachten auf der ganzen Erdoberfläche zerstreuten Wirkungen betrachtet werden können.

Die Neigungsnadel als Spiegelinstrument.

Die Neigung der Magnetnadel genau zu kennen, ist eben so wichtig, als die Kenntniß der Abweichung; es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, zu so genauen Resultaten zu gelangen, weil eine große Schwierigkeit in der Bewegungsart liegt. Die Nadel ruht auf Axen, die Abweichungsnadel hängt an einem Faden, zur Ueberwindung des Widerstandes, den der letztere der Richtung der Nadel entgegensetzt, ist beinahe gar keine Kraft, wenigstens keine meßbare nöthig; zur Ueberwindung der Reibung der Axen an den Lagern ist jedoch eine gewisse Kraft erforderlich, könnte vielleicht durch Frictionsrollen verringert, aber nie aufgehoben werden. Ein anderer Uebelstand, welcher sich genauer Beobachtung entgegenstellt, ist daß man dicht an den Apparat herantreten, und an ihm selbst und dem Gradbogen unmittelbar die Ablesung machen muß; das letztere kann selten auf mehr als

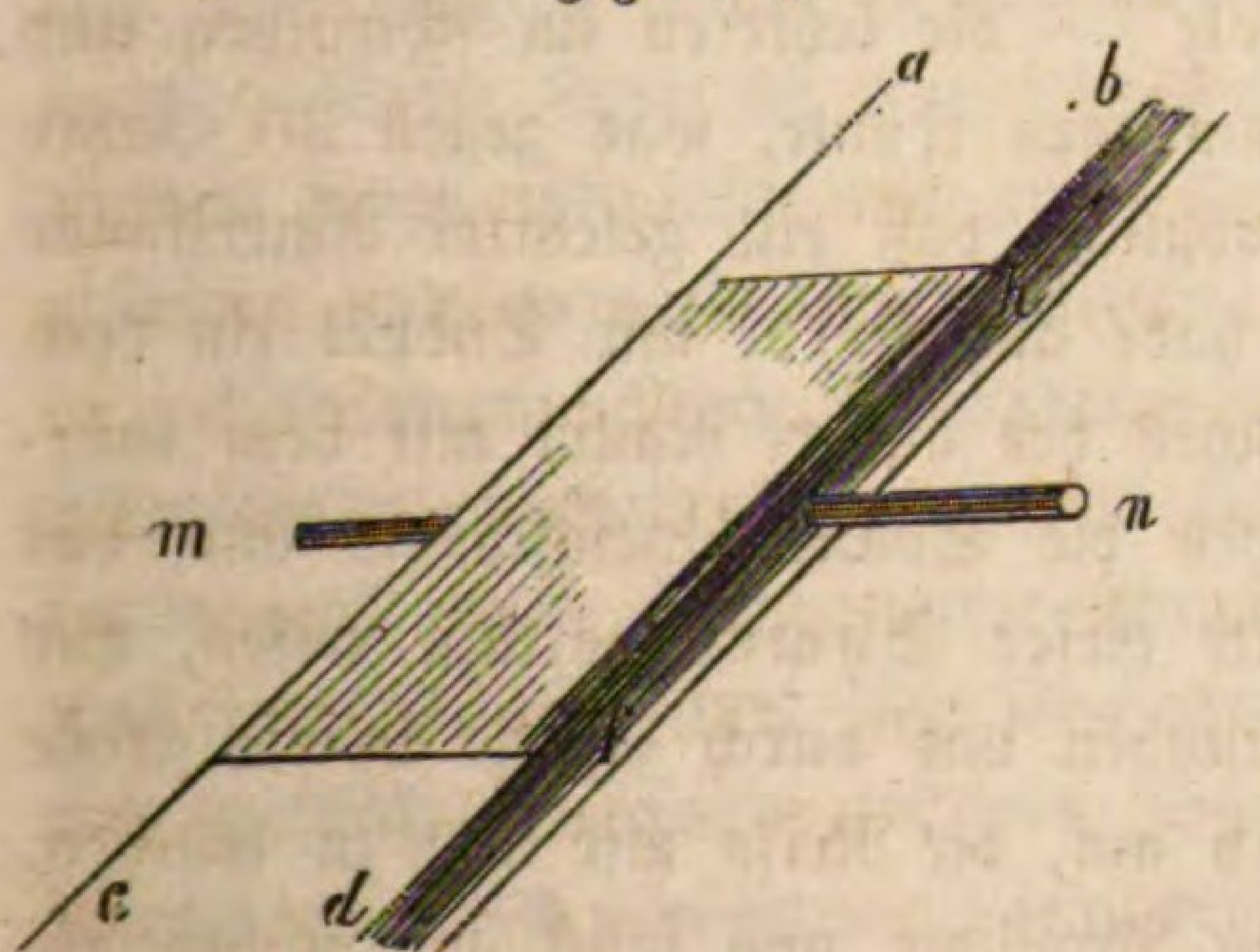
Viertelgrade genau werden (so viel beträgt aber wahrscheinlich die ganze dauernde Schwenkungsweite nicht) und das Annähern an den Apparat hat stets eine Erschütterung zur Folge, welche mehr Bewegung in die Nadel bringt, als sie von Hause aus hat.

Es ist mir gelungen, einen Apparat zu ersinnen, welcher diese Schwierigkeiten hebt, indem er die Inclinationsnadel zum Spiegelinstrument macht und ein Ablesen entfernter Grade durch ein entfernt von dem Apparat aufgestelltes Fernrohr möglich macht.

Die Nadel an sich ist ein Lineal von Stahl, wie es zum Gauß'schen Magnetometer gebraucht wird. Man durchbohrt es auf seiner hohen Kante genau in der Mitte und giebt ihm eine möglichst feine Axe von gehärtetem Stahl, welche senkrecht auf der schmalen Fläche des Lineals steht. Vor dem Magnetisiren gleicht man dies Instrument so aus, daß es in jeder Lage ruhig stehen bleibt, wie Seite 268 für eine Inclinationsnadel beschrieben. Da beim Härten des Stahles der Stab sich jedenfalls ziehen wird, so muß er nach dem Härten erst geschliffen und auf einer Planscheibe so bearbeitet werden, daß die Seiten des Lineals überall parallel sind, und alle sechs, die zwei langen und breiten, die zwei langen und schmalen, die zwei kurzen und schmalen rechtwinkling auf einander stehen, kurz daß das stählerne Lineal ein Parallelepipedum ist.

Mit einer höchst geringfügigen Arbeit macht man nunmehr noch das Instrument zu einem spiegelnden, man polirt nämlich von beiden Seiten der Axe etwa ½ Zoll weit die Stahlfläche recht sauber, so daß sie spiegelnd wird.

Fig. 106.



Ruht nun die Axe mn auf gut polirten stählernen Frictionsrollen, so ist an sich die Reibung so unbedeutend als man sie machen kann. Der Winkel aber, den das Instrument beim Schwanken macht, wird durch die Spiegelfläche auf der platten Seite der Nadel $abcd$ verdoppelt. Das Fernrohr steht in der Höhe der Axe horizontal, die Scala ist in einem geeigneten Winkel hoch an der Mauer des Zimmers angebracht, in welchem der ganze Apparat in einem Glaskasten verschlossen steht.

Die Politur beider Seiten ist wünschenswerth, damit man die

Beobachtung der Schwankungen an beiden Seiten nach Umkehrung der Nadel auf ihren Lagern vornehmen kann.

Die Ausführung dieses Instruments kann möglicher Weise einigen Schwierigkeiten unterliegen, dieselben können jedoch leicht gehoben werden, wenn man von der außerordentlichen Einfachheit abgehen will; man durchbohrt alsdann das Lineal nicht und polirt es auch nicht, sondern an der Stelle, welche in der Fügung angedeutet ist, bringt man eine Messinghülse an, in welche die Nadel genau und federnd paßt. Zwei Planspiegel werden auf der breiten Seite einander gegenüber an der Hülse befestigt. Solchergestalt wird man den Stahlstab zu einem vollkommenen Wagebalken machen können und die Spiegel werden zur Ablesung der sehr vergrößerten Grade dienen.

Ob bei alledem eine Genauigkeit erreichbar (wenn schon eine viel größere als bisher), ist sehr zweifelhaft, da die Axe immer Körper, Umfang hat, bei der Schwingung ihre Stelle verläßt und die verschiedenen Ablesungen, zu verschiedenen Zeiten gemacht, nicht genau mit einander übereinstimmen, wie man dies bei der Abweichungsnadel findet.

Phantastische Ideen über den Erdmagnetismus.

So lange, wenn auch mit den besten Mitteln und dem besten Willen erforschte Resultate vereinzelt standen, konnte man zu keinen allgemein gültigen Schlüssen über den Erdmagnetismus gelangen, daher war es möglich, daß Hansteen, um die eigenthümlichen Krümmungen der Linien gleicher Abweichung und der Linien ohne Abweichung zu erklären, zwei magnetische Südpole und zwei magnetische Nordpole — die letzteren im sibirischen und im nordamerikanischen Eismeer — annehmen konnte, was gegen 30 Jahre seine Geltung hatte; es war sogar möglich, daß ein gelehrter Amerikaner Symes behaupten konnte, die Erde habe am Nord- und Südpol ein Loch von 10 Grad Durchmesser, durch welches der äußere Raum mit dem inneren in Verbindung stehe, durch welches die Sonne hineinscheine und das Innere bewohnbar mache. Auch wollte dieser Symes dorthin reisen, und er forderte Jahre lang durch die Zeitungen und durch directe Briefe große Gelehrte, wie Humboldt und Dawy auf, die Reise mit ihm zu machen, er werde ein Schiff mit dem nöthigen Proviant und sonst mit nichts als einem langen Seil befrachten; an diesem Seil beabsichtige er, sich durch das Loch am Nordpol in das Innere der Erde hinabzulassen und dasselbe zu erforschen.

All solche Thorheiten oder Irrthümer (die eines Hansteen, gestützt

auf die sorgfältigsten doch zu sehr vereinzelten Forschungen) mußten vor der siegenden Gewalt der Thatsachen schwinden. Seit 20 Jahren sind magnetische Observatorien eingerichtet, welche sich bis jetzt mit jedem Jahre vermehrt haben und noch im steten Wachsen begriffen sind, sie haben ein Netz über ganz Europa, das ganze russische Asien, einen Theil von Indien und Afrika gespannt und sind nur noch in den großen Meeren sowie in Amerika vereinzelt. Auf diesen Observatorien werden fortwährende Beobachtungen gemacht und werden an gewissen, lange vorher bestimmten Tagen überall zur selben Stunde correspondirende Beobachtungen angestellt, um so nach und nach das Wesen des Magnetismus auf das Gründlichste zu erforschen, und so hat aus diesen Beobachtungen Gauß mit größter Sicherheit geschlossen, daß es auf jeder Halbkugel der Erde nur einen magnetischen Pol gäbe, daß die Wirkung der Sonnenwärme es sei, welche den Magnetismus des Erdkörpers hervorbringe und diese Schlüsse sind nach und nach auf das Entschiedenste bestätigt worden. Der eine Pol ist auf Boothia Felix entdeckt, ein Jahrzehnt darauf der andere auf Victorialand, wie bereits bemerkt, beide gefunden durch die Capitäne John und James Roß, die berühmtesten Polarreisenden die England gehabt, und deren erster auch wieder im Jahre 1850 mit der Aufsuchung einer Nordpolexpedition unter Capitän Franklin beschäftigt war.

Die Ergebnisse der Forschungen des magnetischen Vereins sind in dem früher Gesagten theils bereits gegeben worden, theils wollen wir dieselben hier vervollständigen.

Die Aeußerungen der magnetischen Kraft der Erde mißt man durch die Declination, Inclination und durch die Zahl der Schwingungen, welche eine und dieselbe Nadel zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten macht. Diese Kraft ist eine sehr wechselnde, die Intensität des Erdmagnetismus steigt und fällt, und zwar kann man diesen Wechsel in einen regelmäßigen und unregelmäßigen theilen.

Die regelmäßigen Veränderungen sind diejenigen, von denen bereits Mancherlei angeführt ist, die sich täglich oder jährlich wiederholen und die sogar auf viele Jahrhunderte hinaus vorhergesagt werden können, eben weil sie regelmäßig sind. Die Veränderungen bestehen in Schwankungen östlich und westlich von ihrem mittleren Standpunkte. Die Größe dieser Schwankungen oder Oscillationen ist sehr verschieden nach Ort, Tages- und Jahreszeit und ist abhängig von dem Gange der Sonne, im Sommer größer, im Winter kleiner; in Deutschland schwingt durchschnittlich während der heißen Jahreszeit die Declinationsnadel um ¼ Grad (d. h. 7—8 Minuten nach

jeder Seite, im Ganzen 15—16 Minuten), während des Winters dagegen nur um halb so viel.

Je näher die Orte dem magnetischen Pole liegen, desto stärker, je näher sie dem Aequator liegen, desto schwächer sind die Oscillationen.

An einem und demselben Orte sind die Schwingungen zwischen 6 und 9 Uhr Morgens am lebhaftesten, im Sommer früher als im Winter. Die Oscillationen während der Nacht sind sehr viel schwächer.

Die eigentliche mittlere Abweichung (von welcher selbst jede Nadel noch täglich abweicht) findet zwischen 10 und 11 Uhr Morgens und zwischen 6 und 7 Uhr Abends statt.

Störungen des Magnetismus.

Die unregelmäßigen Oscillationen hängen von Zufälligkeiten mancher Art ab, selbst die Witterung ist von Einfluß, bei Nord- und Ostwinden und bei heitrem Himmel sind die Schwankungen stärker als bei trübem Wetter, bei Regen und bei Süd- und Westwinden. Ein berühmter Beobachter in Tübingen (woselbst man überhaupt vortrefflich zu beobachten scheint) hat gefunden, daß an hellen Tagen die Schwankungen 11′9 (11 Minuten und $^{9}/_{10}$) und an trüben Tagen 10′6 betragen und daß das Mittel daraus sei 12′6. Wie derselbe das gemacht hat, ist dem Verfasser unbekannt, sonst erscheinen die mittleren Zahlen größer als die kleinsten und kleiner als die größten — indessen bei Gott ist kein Ding unmöglich. Zu lesen ist diese Beobachtung in Gehler's Phys. Wört. n. Aufl. Bd. VI. 1108 u. 9.

Der Mond soll gleichfalls zur Unregelmäßigkeit der Oscillationen beitragen, wie Kupffer in Petersburg gefunden hat. Plötzliche Veränderungen der Windrichtung, Erdbeben und vulkanische Ausbrüche thun dasselbe, aber vor Allem stört den Gang der Nadel das Nordlicht und zwar in solcher Art, daß dieses lange vorher schon geschieht und man durch die eintretende große Unruhe der Nadel und die Schwankungen von solcher Länge, daß sie 5—6 Grade erreichen, auf ein bevorstehendes Nordlicht schließen kann. Dieses Phänomen äußert sogar seinen Einfluß an Orten, bis wohin die Erscheinung nicht dringt, wo man es nicht einmal sieht und woraus hervorgeht, daß das Nordlicht ganz sicher eine magnetisch-elektrische Strömungserscheinung sei, wahrscheinlich von plötzlichen Veränderungen der magnetischen Richtungslinien durch starke Temperaturunterschiede herrührend, wie sie ja in den Polarregionen ganz vorzugsweise plötzlich vorkommen. Der Zusammenhang mit Elektricität liegt in dem eben Gesagten, denn ein ruhender Magnet ist ein Magnet und nichts weiter, ein bewegter Magnet aber ist

eine Elektrisirmaschine. Wird ein Thermomagnet (die Erdoberfläche) plötzlich so verändert, daß seine kälteste Stelle nicht mehr unter 69 Grad nördlicher Breite, sondern unter 75 Grad ist, so bringt diese Bewegung einen elektrischen Strom hervor, der sich sowohl in der heftigen Bewegung der Magnetnadel als in der Lichterscheinung des Polarlichtes kund giebt.

Bewegliche magnetische Axen.

Es ist solch eine Erklärung viel naturgemäßer, als wenn man zur Erklärung der Schwankungen und der in kleineren wie in größeren Perioden vorkommenden Aenderungen der Richtung und der Intensität, zwei magnetische Axen von ungeheurer Kraft ganz willkührlich und hypothetisch annimmt, von diesen behauptet, daß sie sich im Mittelraume, im Kern der Erde kreuzen und sich unter einander bewegen, dergestalt daß ihre Enden, die Pole nördlicher Seits eine östliche Richtung haben, die beiden Südpole sich aber westlich bewegen (diese Bezeichnung ist sehr eigenthümlich, denn wenn man auf einem der Pole steht, so mag man sehen wohin man will, es ist die Richtung, in welcher man den Horizont sieht, rund um gar nicht mit Ost oder West zu bezeichnen; Osten ist da wo die Sonne aufgeht, diese läuft den Polarbewohner aber immerfort am Horizont umher). Es reichen diese Annahmen wohl hin, um einzelne Thatsachen zu erläutern, keineswegs aber die ganze Fülle der Erscheinungen genügend zu erklären, gerade wie Newton's Theorie des Lichtes bis zu Anfang dieses Jahrhunders brauchbar war, seit aber die feineren Beobachtungen unzählige Thatsachen hervorgerufen haben, von denen Newton keine Ahnung hatte, kann die Lehre von dem geradlinigen Fortschreiten der Lichtstrahlen das Verlangte nicht mehr leisten.

So auch mit der Hansteen'schen Hypothese. Einer der wichtigsten Argumente gegen dieselbe liegt vorzugsweise in den völlig festgestellten regelmäßigen, sowohl täglich als jährlich wiederkehrenden Schwankungen, in der Abweichung und Neigung.

Humboldt's rastloser Eifer für die Naturwissenschaften hat es seit länger als 20 Jahren dahin gebracht, ein Netz von magnetischen Warten über den größten Theil der Erde zu verbreiten, durch die Regierungen der große Meere beherrschenden Staaten sind dieselben auch in den fernsten Theilen ihrer Colonien errichtet worden; Frankreich, Rußland, England, ja sogar Spanien und Portugal sind mit rühmlichem Eifer vorangeschritten, in Preußen hat jede Universität eine solche magnetische Warte; nur die amerikanischen Freistaaten sind schmachvoll zurückgeblieben, — zum Glück gehört Canada noch zu England und dort dem Nordpol der magnetischen Kraft so

nahe als die Unwirthbarkeit der Gegend erlaubt und in Van Diemensland, in Kamtschatka und am Cap der guten Hoffnung, in der Nähe des Himalaya und der Andes, in den Kirgisensteppen und in — wie die Franzosen sie gern nennen hören — der Hauptstadt der Civilisation, beobachtet man seit vielen Jahren den Magnetismus der Erde in seinen feinsten Zügen und setzt dies so fort, daß allmonatlich an einem vorausbestimmten Tage auf sämmtlichen Warten gleichzeitig von 5 zu 5 Minuten der Stand der Dinge auf das Genaueste angegeben und damit 24 Stunden lang fortgefahren wird.

So hat man die leisesten Regungen des Erdmagnetismus belauscht und gefunden, daß nicht nur größere Veränderungen der magnetischen Erdkraft sehr weit greifend sind, sondern daß auch sehr kleine Variationen, selbst bloße Störungen auf hunderte und tausende von Meilen gleichzeitig erschienen. Obschon dieselben nicht überall in gleicher Größe, sondern von irgend einem Centralpunkt, wo sie am stärksten sind, ausgehend sich in weiten Kreisen auslaufend immer mehr abschwächen. So zeigt gerade dieses von einer nicht innerlichen, sondern äußerlichen Ursache des Magnetismus und macht die Annahme zweier sich kreuzender Axen im Innern des Erdkörpers unthunlich.

Ein anderes wichtiges Argument dagegen ist ferner die thatsächlich nachgewiesene steigende Wärme nach unten zu, welche bis auf ein glühendes, geschmolzenes Erdinneres mit Sicherheit schließen läßt. Glühhitze aber zerstört allen Magnetismus. Was endlich sollte die sich kreuzenden magnetischen Axen in Bewegung setzen, welcher Grund ist zu dieser Annahme vorhanden?

Ein ganz Anderes ist es mit den auf die neuesten Beobachtungen gestützten Erklärungen. Diese weisen erstens das Magnetisiren durch ungleiche Erwärmung nach (wie in diesem Buche vorübergehend bereits besprochen ist und noch näher auseinandergesetzt werden wird), zweitens das Zusammentreffen der Magnetpole mit den Punkten stärkster Kälte auf der Erdoberfläche, das Zusammentreffen der Punkte geringster Intensität mit den Stellen größter Wärme; sie weisen ferner die Regelmäßigkeit der Variationen in Uebereinstimmung mit der Tages- und Jahreswärme nach, sie zeigen, daß die Pole dieser Thätigkeit nicht wirkliche, sondern imaginaire sind, welche in ihrer Lage wechseln und an sich nicht das mindeste Magnetische haben, ja daß wohl gar nicht einmal die Oberfläche der Erde, sondern der Luftocean das magnetisch wirkende Princip auf der Erde ist.

Nicht nur hängt die tägliche Variation der Magnetnadel viel zu genau mit dem Gange der Sonne zusammen, folgt ihm viel zu direct, als daß man glauben könnte, eine Durchwärmung der Erdschichten bis auf einige

Fuß sei der Träger des Magnetismus (indessen die durchsichtige Luft durch ihre ganze Masse, so weit die Sonne sie bescheint, vollständig zugänglich für die Wärmestrahlen ist), sondern es ist auch durch eine große Menge von Versuchen nachgewiesen worden, daß der Sauerstoff der Luft die einzige Gasart ist, welche longitudinal magnetisch wirkt (indeß die andern alle sich transversal oder diamagnetisch zeigen).

Auf diese Weise wird Alles vollkommen klar und es bedarf gar keines künstlichen Hypothesenbaues, um die großartigen Erscheinungen des Erdmagnetismus zu erklären.

In neuester Zeit hat sich jedoch wieder eine neue Ansicht geltend gemacht. Seitdem man nämlich gefunden, daß alle Körper der Erde magnetisch sind, dem Magnetismus entweder so folgen, daß sie sich von Pol zu Pol in die Richtung der Magnetnadel stellen oder eine Richtung quer über diese annehmen, d. h. um in Beziehung auf die Erde zu sprechen, sich von Osten nach Westen richten, wie die Magnetnadeln von Norden nach Süden zeigen (eine Entdeckung, welche von Coulomb ausgegangen und von Farraday bis in den feinsten Details verfolgt worden ist), hat man die Ansicht aufgestellt, der Magnetismus der Erde sei das Endresultat der Gesammtwirkung aller magnetischen Thätigkeit der sämmtlichen Körper der Erde.

Es ist vielleicht auch diese Ansicht eine ganz naturgemäße, denn daß nunmehr die täglichen und jährlichen Variationen nicht erklärlich wären, ist eine Einwendung, welche ein Physiker nicht machen wird, die Wärmevermehrung sowie die Veränderung derselben wirken auf den fertigen Magnetismus so gut wie sie Magnetismus erzeugen. Welche Ansicht aber die richtige sei, werden wohl erst die kommenden Jahrhunderte ermitteln.

Magnetismus eine kosmische Kraft.

Diese Annahme oder Thatsache giebt dem Magnetismus nächstdem eine noch viel allgemeinere Bedeutung als er sie bis dahin hatte, denn mit ihr hört er auf eine tellurische, eine der Erde anhaftende Kraft zu sein, er kommt nunmehr als Eigenschaft allen Planeten und Trabanten, nicht bloß der Sonne, sondern sämmtlichen Himmelskörpern zu, denn die uns bekannten Planeten werden alle von ihrem Centralkörper erleuchtet und erwärmt, drehen sich um ihre Axe und bewegen sich in Bahnen. Von den übrigen Planeten anderer Sonnen haben wir Grund dasselbe anzunehmen, und dieses ist genug um zu sagen, ein Planet des Sirius oder des Aldebaran ist so gut magnetisch wie die Erde, denn wo ungleiche Vertheilung der

Wärme ist, da ist auch Elektricität, und wo Elektricität ist, da ist auch Magnetismus.

Der Verfasser will übrigens durchaus nicht sagen, daß er glaube, die sämmtlichen Weltkörper bewegten sich allein durch den Magnetismus, eine Ansicht, welche Professor Pohl aufgestellt hat und gegen welche der Verfasser der gegenwärtigen Schrift sich ausdrücklich verwahrt, dies hindert ihn jedoch durchaus nicht zu behaupten, ja für erwiesen anzunehmen, daß der Magnetismus wirklich eine kosmische Thätigkeit sei; nicht eine kosmische in dem Sinne, daß sie den Weltraum erfülle, wie der lang bestrittene und am Ende doch nöthig gewordene Aether, welcher der Träger des Lichtes ist, sondern in dem Sinne, daß überall wo es Körper giebt, welche den auf der Erde für die Körperwelt bekannt gewordenen Gesetzen folgen, auch neben Licht und Wärme, Elektricität und Magnetismus sei.

Für die Sonne scheint dieser Satz beinahe bewiesen. Seitdem Beobachtungen, den Magnetismus betreffend, in correspondirender Weise gleichzeitig aber die ganze zugängliche Erdoberfläche gemacht werden, seitdem diese Beobachtungen mit der Astronomie in Verbindung gebracht worden, glaubt man bemerkt zu haben, daß die Axenstellung der Sonne Einfluß auf den Magnetismus der Erde habe, was zwar mit der Annahme, daß die Sonne eine große Gasbeleuchtungsanstalt sei, im Widerspruch steht, es jedoch kaum mehr von der Hand zu weisen, da Thatsachen dafür sprechen. Auch hier müssen wir endlichen Aufschluß von späteren Zeiten erwarten.

Der thierische Magnetismus.

In der Regel pflegt dieser Abschnitt in den Lehrbüchern der Physik nicht abgehandelt zu werden, ja in manchen Werken dieser Art findet man die merkwürdig wegwerfende Redensart: „es ist unter der Würde eines Physikers, über diesen Gegenstand zu sprechen.“ Der Verfasser theilt diese Ansicht nicht und will daher Einiges darüber sagen, denn jeder Theil des menschlichen Wissens ist werth, daß man darüber spricht und der hochmüthige Physiker vom Fache, welcher solchen Ausdruck braucht, würde besser thun, das Publikum, wenn er die Sache für so schädlich, thöricht oder unbedeutend hält, darüber zu belehren, daß sie so schädlich &c. sei als eine zum wenigsten unmotivirte Behauptung aufzustellen.

Ein späterhin sehr berühmt gewordener Arzt, Friedr. Ant. Mesmer, zu Ignam unweit Weiler und Constanz in Baden geboren, ward auf der Jesuitenschule zu Dillingen zum geistlichen Stande vorgebildet. Mathematik und die Naturwissenschaften zogen ihn jedoch mehr an als die Theologie, daher entsagte er dieser, bezog in seinem 18. Jahre die Universität Wien, um daselbst Jurisprudenz zu studiren, widmete sich indeß sehr bald ausschließlich den medicinischen Studien und blieb diesen getreu.

Mesmer's Doctorschrift lautete: „Ueber den Einfluß der Planeten auf den menschlichen Körper.“ Er ward in Wien practischer Arzt, bildete seine Ansicht weiter aus, verband sie mit der Heilkunst, indem er die Krankheiten nach Ursprung, Form und Verlauf in eine Beziehung zum Sonnensystem und zum Weltall und in ein Wechselverhältniß mit den Planeten zu bringen suchte.

Das eifrige Bestreben dieses sonderbaren Mannes ging nun dahin, „das Lebensprincip“, das in der Natur allgemein wirksame, thätige, aufrichtende Agens in seine Gewalt zu bekommen. Vorerst war aber nöthig es zu kennen, zu wissen, was dieses Lebensprincip denn sei, dessen Vorhandensein Leben bedinge, dessen Schwächung, überhaupt Modification, Krankheit hervorrufe, dessen Abwesenheit der Tod sei.

Er suchte dasselbe überall, rieth hier und dort herum, kam dabei auf die Elektricität, gab sie jedoch bald auf; mag noch manche andere Kraft

versucht haben, blieb aber endlich auf Anrathen des Astronomen Hell in Wien bei dem Magnetismus stehen. Hell, ein Mann von großer, allgemeiner Gelehrsamkeit und dabei von einem durch und durch edlen Herzen und Gemüth, beschäftigte sich auch mit der Lehre von der Elektricität und vom Magnetismus, verfertigte treffliche künstliche Magnete und versah Mesmer damit, auf daß er Proben an Kranken mache.

Mesmer's erstes Auftreten.

Der junge Arzt, welcher sich um jeden Preis berühmt machen wollte, griff die Sache mit Feuer an und bediente sich der Magnetstäbe und Hufeisen zum Bestreichen der Kranken. Er erhielt — ob dies wirklich oder ob es Selbsttäuschung war, muß dahin gestellt bleiben — er erhielt bei vielen Kranken sehr günstige Wirkungen und man nannte die Kurart wie natürlich eine magnetische, man war durch den Magnetismus geheilt. Das leicht bewegliche Völkchen, welches Wien bewohnt, hatte nichts Eiligeres zu thun, als den Gegenstand zum Tagesgespräch zu machen, in allgemeine Aufnahme, in Mode zu bringen; man konnte zur damaligen Zeit als Dame von Geschmack, von Auszeichnung, keinen Salon besuchen, wenn man nicht von Mesmer magnetisirt worden war, und so entstanden hunderte von Krankheiten, welche nur durch den Magnetismus gehoben werden konnten, der Magnetismus ward somit zu einer durchgreifenden Heilkraft.

Nun traf es sich, daß Mesmer einst in einer Gesellschaft eine soeben krank gewordene Dame heilen sollte, allein er hatte keinen Magnet bei sich. Was war zu thun — hier bot sich Gelegenheit Aufsehen zu erregen — Mesmer fragte sich, was ist denn ein Magnet, eigentlich doch nur ein Stück Stahl, vielleicht geht es auch mit einer Scheere, welche ja auch aus Stahl gemacht worden ist; Mesmer ergriff eine Scheere, bestrich die Dame damit, sie gerieth in Schlaf, schwatzte einiges dummes Zeug, erwachte dann und war von ihren Vapeurs und ihrer Migraine geheilt. Mesmer hatte durch den Magnetismus in Gegenwart vieler unpartheiischer Zeugen ein Wunder gethan, obschon kein Magnet gebraucht worden war.

Es ist sehr schwer zu bestimmen, ob Mesmer täuschen wollte oder ob er in einer Selbsttäuschung begriffen war, es ist wohl möglich, daß die letztere Annahme die richtige ist, denn er hat sich in späteren Zeiten so überaus uneigennützig gezeigt, daß man nur schwer daran geht, ihn des absichtlichen Betruges zu beschuldigen; allein sein sonstiges Auftreten in dieser Angelegenheit hat doch wieder einen so eigenthümlichen Anstrich, daß man wenigstens von Charlatanerie im großartigsten Maßstabe ihn nicht freisprechen

kann. Wir wollen annehmen, er glaubte selbst fest an seine Heilungen durch den mineralischen Magnetismus, so kam er doch durch den soeben erzählten Zwischenfall auf den Gedanken, die heilende Kraft läge nicht in dem Magneten, sondern in ihm, in der Persönlichkeit des Arztes. Er legte von nun ab den Magnet bei Seite und machte die Striche und Bewegungen, welche er früher mit demselben gemacht, nunmehr mit seinen Händen, behielt jedoch den einmal gebrauchten Namen für sein Heilmittel bei, Magnetismus, setzte nur das Wort „thierischer“ davor und unterschied auf diese Weise die lebendige Kraft von der todten.

Das weitere Historische über ihn darf nur noch kurz berührt werden.

In seinem eigenen Hause richtete er ein magnetisches Clinicum ein, wurde daselbst schon mit den Erscheinungen des Hellsehens bekannt (1774), hatte jedoch, weil sich viele reiche Leute an ihn wendeten, von dem Neide und der Eifersucht der Fachgenossen viel zu leiden, deshalb er auch 1775 Wien auf einige Zeit und ein Jahr später für immer verließ.

1778 kam er nach Paris. Er hatte einen Grundriß seines Natursystems in 29 kurzen, im kategorischen Imperativ abgefaßten Sätzen geschrieben. Er legte dieselben der Akademie vor, welche in einer feierlichen Sitzung darüber in höchst tumultuarische Debatten gerieth, sie aber sämmtlich als unhaltbar verwarf. Er beantragte nun eine Prüfung seines Systems durch die medicinische Facultät, welche sich jedoch diesem Ansinnen mit tiefster Verachtung entzog.

Im Jahre 1779 erschien nunmehr eine Schrift von Mesmer in sehr gewandt gebrauchtem Französisch geschrieben (Mémoire sur le Magnetisme animal), welche ihm die Herzen der Franzosen gewann; besonders war dies mit dem Minister Maurepas der Fall, welcher Mesmer die Leitung einer Lehranstalt mit 10,000 Frcs. jährlich dotirt antrug und ihm dabei ein Gehalt von dem Doppelten dieser Summe für seine Lebensdauer anbot, wenn er jungen Aerzten seine Methode gründlich zeigen wolle.

Mesmer schlug dieses, wie vortheilhaft es schien, aus und diese „Großmuth“, wie man es nannte, machte solchen Eindruck auf die leicht beweglichen Pariser, daß 100 Unterschriften, eine jede zu 100 Louisd'or, zusammen kamen, wodurch man ihm ersetzen wollte, was er uneigennützig geopfert. Auch in den Provinzen bildete sich eine Subscription zu seinen Gunsten und hier erwies er sich erst wirklich uneigennützig. Was er vorher ausgeschlagen hatte mit Hülfe der Regierung, das unternahm er nunmehr selbst; er lehnte die halbe Million Francs, welche in den Provinzen zusammen kam, ab und stiftete mit diesem Fond, welcher den einzelnen Gebern doch nun einmal nicht zurückerstattet werden konnte, in den größeren

Städten Frankreichs 20 Anstalten, in welchen seine Heilart ausschließlich jeder andern angewendet (aber nicht gelehrt) wurde, sie erhielten durch ihn (der sich gern in einen mystischen Schleier hüllte, was auch der einzige Grund war, weshalb er das Anerbieten des französischen Ministeriums ausschlug) einen völlig geheimnißvollen Anstrich. Es bildeten sich, von diesen Heilanstalten (welche den Namen der harmonischen Gesellschaften erhielten) ausgehend, geheimnißvolle Verzweigungen über das ganze Land, ja bis zu den französischen Colonien hin. Es mochte dabei wohl mancher Unfug mit unterlaufen, denn die medicinische Facultät in Frankreich sprach einen förmlichen Bannfluch über alle französischen Aerzte aus, welche die neue Heilart annehmen, zu der ihrigen machen und dieselbe weiter verbreiten würden; dies hinderte jedoch weder Mesmer, sich ein bedeutendes Vermögen durch seine Kuren zu erwerben, noch hinderte es andere Aerzte, ihm nachzufolgen und wäre die Revolution nicht ausgebrochen, so wäre vielleicht auch die medicinische Facultät versöhnt worden, jene aber bedrohte auch Mesmer, welcher nur mit Verlust seiner ganzen Habe der Guillotine durch die Flucht entging.

Urtheile über Mesmer und den thierischen Magnetismus.

Was er selbst über seine Heilart als thierischer Magnetismus gesagt, ist sehr dürftig, er kleidete das Meiste in absonderlich schwülstige Redensarten ein, er wollte nicht verstanden werden. Was er aber bewirkt und was seine Nachfolger gethan, ist in dem Nachfolgenden enthalten, damit wo möglich die schwankenden Urtheile darüber aufhören, denn bis jetzt ist der Mesmerismus oder Lebensmagnetismus weder so vollständig verworfen, daß Niemand mehr mit Ehren an ihn glauben kann, noch ist er umgekehrt so vollständig bewiesen, daß man sich lächerlich machen würde, wenn man ihn läugnete, etwa wie Jemand sich gründlich lächerlich machen würde, wenn er die Existenz der Berührungselektricität (des sogenannten Galvanismus) läugnen wollte.

Eine solche Feststellung hat aber ihre großen Schwierigkeiten und Dr. G. Carus (Medicinalrath in Dresden) sagt hierüber: Wir haben bei allen Natur- und Geistesvorgängen zweierlei Wahrheiten zu unterscheiden, die eine, welche von Zahlen und Formen gemessen oder durch das physikalische Experiment bewiesen werden kann, überhaupt im Geiste den mathematischen Beweis zuläßt; die andere, welche unmittelbar im Gefühle erkannt wird und gleichsam als Blüthe der gesammten seelischen Anschauung hervortritt. Beide haben ihren eigenthümlichen Bereich im geistigen Dasein,

beide streiten auch zuweilen mit einander um die größere Höhe ihres Erkennens und beide verhalten sich am Ende zu einander wie die Quadratur zum Zirkel.

Wer von der einen Art der Wahrheit verlangt, daß sie durch die Mittel der anderen bewiesen werden soll, beweist eigentlich, daß er selbst über beide nie recht nachgedacht und wird im gelindesten Falle denen verglichen werden können, welche die Quadratur des Zirkels doch irgend einmal durch fortgesetzte Anstrengungen zu entdecken hoffen. Es wird also absurd sein, für die verschiedenen Grade des Wohlgeschmacks von Speisen oder für das Entsetzen, das den Einen beim Anblick einer Maus, den Andern bei dem einer Spinne ergreift, einen mathematischen Beweis zu fordern; eben so wie es unmöglich ist, für die Erkenntniß des höchsten Wesens eine algebraische Formel oder ein physikalisches Experiment zu geben. Hier spricht das Gefühl meist laut genug, aber dieses Gefühl ist wieder gar nicht genügend, um die Brauchbarkeit einer Dampfmaschine zu beweisen, so wenig wie nach Maaß und Gewicht der Grad des Wissens eines Menschen bestimmt werden kann.

Halten wir nun die Unterschiede eines je nach den Gegenständen ganz verschiedenen Erkennens und Beurtheilens fest und sehen wir ein, wie hier einem Jeden nothwendig sein Recht geschehen müsse und eine volle, unerschütterliche Wahrheit allerdings nach beiden Seiten liegen könne, so wird man auch einsehen, daß ein Beweis über den Mesmerismus und die magnetischen Zustände unmöglich auf dem Boden der sogenannten exacten Wissenschaften, auf den Boden der Physik, d. h. durch das Experiment zu finden sei, sondern auf dem Wege der wiederholt vorurtheilslosen scharfen Beobachtung gesucht werden müsse. Hierbei ist nun das Erste und Wichtigste für Jeden, der von den eigenthümlichen und oft allerdings sehr sonderbaren Zuständen und Wirkungen des Mesmerismus einen deutlichen Begriff erhalten will, daß er ähnliche Zustände, die ohne eine besondere Einwirkung eines Magnetiseurs vorkommen, kennen lerne.

Das Nervensystem.

Das Gehirn mit dem Rückenmark und den von diesen wie von anderen Mittelpunkten, den Ganglien ausgehenden Nerven, ist der wunderbare Apparat, dessen ausgedehnte Thätigkeit, durch den Blutumlauf immerfort erhalten und erneuert, das Leben bedingt. Es liegt in diesem Apparat eine zweifache Kraftäußerung, eine centripetale, von den Außenregionen nach den Mittelpunkten zu, in ihr liegt das Erkennen; und eine centrifugale, von den

Mittelpunkten nach außen zu, in ihr liegt die Möglichkeit der Willensäußerungen; dadurch daß man etwas betastet, sieht, hört, erhält durch Nervenströmung von außen nach dem Gehirn der Mensch von dem Gehörten, Gesehenen Kunde, umgekehrt dadurch daß die Nerventhätigkeit von den Heerden derselben nach den Fingerspitzen, nach den Augen strömt, wird der Wille des Menschen, den Stein zu fassen, die Axt zu heben, den Gegenstand zu betrachten, vollführt. Man nennt diese Strömungen Innervationen und in dem Wechselspiel derselben beruht und giebt sich kund unser Seelenleben.

Es beweist uns nun aber die Beobachtung an uns selbst und an Anderen, daß diese Nerventhätigkeit nicht unerschöpflich sei, daß im Gegentheil das Leben selbst immerfort an ihr zehre, daß jede Muskelzusammenziehung und jeder Sinnenreiz, auch der scheinbar unschuldigste, an ihrer Verringerung arbeite — das Schauen ermüdet, das Hören erschöpft — wer (außer etwa ein ganz stumpfsinniger Mensch, ein Cretin) vermag drei Stunden lang auf einer Gemäldeausstellung zu verweilen und am Ende dieser drei Stunden noch mit gleicher Aufmerksamkeit, mit gleicher Urtheilsfrische die Bilder zu betrachten, ihrer zu genießen; kein Mensch kann ein Concert, welches drei Stunden ohne Pausen dauert, ertragen, er müßte denn aufhören sich mit der Musik zu beschäftigen.

Traumleben.

Je lebhafter nun der Gebrauch dieser Innervation ist, desto rascher tritt der Verbrauch derselben ein, woraus allein schon hervorgeht, daß ein unausgesetztes Wachen mit seinem vielfältigen Innervationsverbrauch für den thierischen Organismus schlechterdings unmöglich sei, eine Umkehrung des Wachens in den Schlaf, den Zustand, in welchem der Verbrauch aufhört, der Wiederersatz des Verbrauchten wird somit unerläßlich. Die Verminderung der Nervenkraft zeigt sich anfänglich durch Nachlaß der Sinneswahrnehmung, durch Abspannen der Muskeln, selbst der Blutumlauf wird langsamer, die Lungenadern füllen und entleeren sich nicht so rasch hinter einander und der Mensch wird dadurch zu dem wiederholten tiefen Aufathmen genöthigt, welches wir Gähnen nennen, bis endlich die Pforte des Lichtes sich schließt, durch welche das Unbewußte vorübergehend erleuchtet war, das Auge fällt zu, der Mensch schläft ein und alle Sinne spannen sich ab; es geschieht dies bei einzelnen Personen in einem solchen Grade, daß sie absichtlich verursachten Schmerz so wenig wie angenehme Empfindungen wahrnehmen, nur das Ohr bleibt wach, der einzige Sinn, welcher den Menschen vor nahender Gefahr warnt. Auch hier giebt es einzelne Ausnahmen, doch

sind sie sehr selten und der Mensch, welcher nicht erwacht bei dem Geruch der an seinem Bette ausgehenden Lampe (der ihm im Wachen unerträglich ist), welcher nicht erwacht, wenn man mit sechs Lichtern auf einmal in sein Zimmer tritt, kommt doch sogleich zum Bewußtsein, wenn man ihn beim Namen ruft. Ob hier der Verbrauch der Nerventhätigkeit geringer sei, wissen wir nicht, jedenfalls aber kommt dieser Sinn, der Sinn des Gehörs, nicht so weit herunter als die andern; aber auch ihm wird ohne Zweifel im Schlafe der Ersatz für das Verlorene. Der Schlaf ist die Zeit der Production und Reproduction und die Ansicht der Aerzte, welche orthopädischen Instituten vorstehen und vorzugsweise die Nacht und die Ruhe im Bette benutzen, um den Gliedern der Verkrüppelten die Lage und Richtung zu geben, in welcher sie die Reproduction verlangen, ist eine ganz richtige. Im Schlaf erhält die Erzeugung der Nervenkraft die Oberhand über ihren Verbrauch und dadurch hebt sich dann die Lebensspannung allmählig auf's Neue, der Schlaf wird nach und nach wieder aufhören Bedürfniß zu sein und damit ist denn auch die Bedingung des Erwachens gegeben, welches oft bei dem ersten Lichtstrahl des Morgens stattfindet und womit dann wieder ein neuer Kreislauf des Lebens beginnt.

In diesem Schlaf aber treten Zustände ein, welche uns vielleicht den Weg bahnen zu den sogenannten Wundern des Magnetismus. Der erste und allgemein bekannte darunter ist der Traum.

In unsern Sinnen aufgenommene Vorstellungen lassen Eindrücke zurück; von der im Kreise geschwungenen glimmenden Kohle, welche für das Auge einen ganzen geschlossenen Kreis bildet, da sie doch thatsächlich immer nur in einem Punkte des Kreises sein kann, bis zu der lebhaften Vorstellung der Züge einer hunderte von Meilen entfernten geliebten Person, beruht Alles auf den Eindrücken, welche unser Vorstellungsvermögen durch die Sinne erhalten hat und festhält, oft ganz unwillkührlich, oft gegen unsern Willen. Wem wäre es nicht schon begegnet, daß er eine Melodie, welche ihm stundenlang im Kopfe summt, nicht loswerden kann, bis sie plötzlich verschwindet und er sich wohl andern Tages nicht einmal mehr auf die Melodie besinnen kann, welche ihn Tages zuvor so gequält hat.

Dunkle Erinnerungen.

Die Masse der Vorstellungen, welche der Mensch von Kindheit an aufnimmt, ist unendlich groß; aber nach der Art der Vorstellungen, die wir empfangen haben, richtet sich unser Handeln und Denken. Der Wilde stiehlt nicht, es ist durchaus unrecht, ihn dieses Lasters zu bezüchtigen, er hat gar

keine Vorstellung davon, etwas einem Anderen Gehöriges sich unerlaubter Weise anzueignen, er nimmt keine Frucht von einem Brodbaum, wie sehr ihn auch hungert, wenn dieser Brodbaum durch ein umschlungenes Stück Bast als Eigenthum eines Andern bezeichnet ist, aber von dem nicht bezeichneten, und wenn er dicht neben jenem steht, stiehlt er nicht, sondern nimmt er, denn da dieser Baum bis jetzt noch Niemandem gehört, so gehört er dem, der zuerst davon Besitz ergreift.

Das blindgeborne Kind hat keine Vorstellung von Licht, also auch nicht vom Aussehen, von der Gestalt der Dinge, in seinem Traum sieht es also auch nicht, seine Vorstellungen sind auf vier Sinne beschränkt, indeß der Blindgewordene sich des Gesehenen wohl erinnert, davon träumt, mit Entzücken von dem Sonnenaufgang, dem Sternenhimmel, der Blumen- und Waldespracht spricht und träumt. Der Bauernjunge aber, der nie von seinen Kühen weggekommen ist, wird auch mit allen fünf Sinnen gewiß nicht von Spontini's „Vestalin" und eben so wenig von Trüffelpasteten und Erdbeercardinal, wohl aber von der Fiddel seiner Dorfschenke, von Schweinefleisch und Kümmelschnaps träumen, ja wachend auch werden seine Vorstellungen nicht anders sein, als sie vermöge der Eindrücke, die seine Sinne erhalten haben, sein können.

König Friedrich Wilhelm III. traf im Garten von Sanssouci einen Bauernknaben, mit dem er sich einige Zeit unterhielt und dem er, da er an den naiven Antworten desselben Gefallen fand, einige Schnitte einer köstlichen Ananas reichen ließ. Der Bursche verschlang dieselben mit sichtlichem Wohlbehagen und der König fragte, wie es ihm schmecke: „O", sagte der Bursche voll Entzücken und mit zum Himmel verdrehten Augen, „herrlich, wie Knackwurst!" Der König sagte lachend: „Man sieht auch hier, daß die Kenner Recht haben, welche sagen, der Geschmack der Ananas sei so wunderbar mannigfaltig, daß sie einem Jeden nach demjenigen schmeckt, was er am liebsten ißt."

Vielleicht liegt dies nicht sowohl in dem, was Einer am liebsten ißt, als vielmehr darin, daß er nichts Köstlicheres kennt, womit er den Geschmack vergleichen könnte; einem italienischen Hechelkrämer würde sie vielleicht nach Macaroni und einem Samojeden nach Seehundsspeck schmecken. Wo soll der bessere Vergleich herkommen, wenn er nichts Besseres kennt. Ein Schiboleth für alle Geisterseher sind daher ihre Erzählungen über das, was sie bei ihrer Anwesenheit im Jenseits gesehen; daß es dort anders sein müsse als hier, leuchtet hier Jedem ein, wenn sie dennoch nur von grünen Fluren, goldenen Wolken, süßem Gesange sprechen, so zeigen sie, daß ihre Berichte nicht auf den Fluren des Jenseits eingesammelt, sondern daß diese

Blumen der Erinnerung ihren Anschauungen in dem materiellen Diesseits entsprossen sind.

Unbewußte Vorstellungen.

Die unendliche Menge von aufgenommenen und im Gehirn zurückgehaltenen Vorstellungen bildet denn nun das Ton- und Farbenklavier, welches willkührlich angeschlagen seine Bilder ins Bewußtsein bringt, theils unwillkührlich erregt seine wundersamen nicht untergeordneten Phantasmagorien aufführt. Das Blut durchkreist in mehr oder minder aufgeregten Wellen das Gehirn. Wie nun stärkerer Blutandrang im Auge Farbe, Blitze, leuchtende Funken und Kreise, wie derselbe im Ohre Summen, Brausen oder anhaltende helle Glockentöne erklingen läßt, so erregt das kreisende Blut im Hirn fortwährende Züge von auftauchenden und untertauchenden Vorstellungen, welche wir recht gut von den willkührlich erweckten unterscheiden und oft besonders deutlich vor dem Einschlafen beobachten können, wo der unbewußt erregte Zug von Gedankenbildern gleichsam wie ein eigner sich bewegender Hintergrund hinter dem im Vordergrunde allmählig verschwimmenden und verblassenden bewußt Gedachten sich hervorhebt. Eine wahre Zweiheit und ein Doppelleben von Gedanken haben wir also hier deutlichst erkannt und dieser Unterschied ist es, auf den wir bei den meisten ungewöhnlichen Zuständen der Nachtseite des Seelenlebens immerfort zurückblicken müssen, wenn uns die Geschichte dieser Vorgänge irgend deutlich werden soll. Der gewöhnliche Traum, namentlich in all seinem mangelnden Zusammenhange und seiner Wunderlichkeit, kann nun leicht begriffen werden. Jede Umstimmung unseres Blutlaufes gestaltet ihn anders; bei dunstiger Atmosphäre und davon herrührendem stark kohlenhaltigem Blute haben wir trübe, dunkle, beängstigende Träume, umgekehrt gewährt ein leichter, ruhiger Blutumlauf uns heitre, fröhliche, wechselvolle Bilder. Was aber eben die Regellosigkeit und Seltsamkeit betrifft, so entsteht sie nothwendiger Weise dadurch, daß das Ich (so weit es sich selbst erkennt, seiner bewußt ist), nicht darauf Einfluß hat, wiewohl das eigentlich Unverständige doch auf das Bewußtsein seinen Schein zurückwirft. Wir sprechen mit unserm treuen Hunde, unserm edlen, vielleicht von uns selbst gezogenen Pferde; es wird also im Traume uns schwerlich auffallen, wenn der Hund, das Pferd auch einmal gelegentlich gleich Bileam's Esel antwortet, wenn aber Hahnemann einem seiner Patienten 1 Pfund Sassaparille oder stündlich 50 Chinapillen verschriebe, so würden wir uns des Widerspruches bewußt werden und der Traum hätte damit ein Ende.

Traumwachen.

So giebt es denn unendlich viele Stufen des Traumlebens, von den vollkommen verwirrten Phantasmagorien bunt durch einander gewürfelter Bilder, durch die zusammenhängenden Anschauungen, welche wir nach dem Erwachen gern durch den Griffel festhalten möchten, bis zu jenem wunderbaren Traumwachen, in welchem ein fremder, neckender Geist mit dem Geiste des Träumenden zu spielen scheint, in welchem beide Thätigkeiten, die unbewußte des Traumes und die bewußte des geistigen Wachens, bei schlafendem Körper zugleich wirken und jene eigenthümlichen Anschauungen geben, welche wir, sobald sie mit den Vorgängen unseres Lebens zusammentreffen, „Ahnungen", „zweites Gesicht" nennen, welche in ganz gleicher Art nur für uns, weil ohne Beziehung nicht so auffallend sind als Sprechen im Schlafe, in höherer Potenz als Nachtwandeln, als Mondsucht, als Hellsehen.

Sehr begreiflich lassen sich die einzelnen Stufen des Traumes nicht scharf von einander unterscheiden, sie gehen in einander über, ja sie wechseln bei einer und derselben Person häufig mit einander ab. Merkwürdig ist es, wie die einzelnen Formen des Traumwachens oft in ganz auffallender Weise mit dem wirklichen Traume sich verbinden und so die mannigfaltigen prophetischen Träume erzeugen, deren Menge in der Geschichte der Menschheit selbst von den biblischen und Homerischen Zeiten bis auf Cicero in seinem Buche „de divinatione" und von da bis auf das „Traumbuch" eines der Gelehrtesten unserer Zeitgenossen, des als Naturkundigen und Philosophen berühmten Schubert, eine bald mehr bald minder wichtige Rolle gespielt hat. Haben diese Halbträume etwa das Wachen nicht wesentlich unterbrochen, so nennt man sie Ahnungen und es läßt die Existenz derselben sich durchaus nicht bestreiten, sie sind wahrhaft vorhanden.

Ebenso tritt denn auch das Schlafwachen bei krankhaften Zuständen auf, es drängt sich entweder mitten in den Schlaf hinein oder es wechselt plötzlich mitten im gewöhnlichen Tagesleben mit dem eigentlichen Wachen ab, setzt auch dann wohl die alltägliche Thätigkeit des Menschen durch eine Reihe von Stunden fort, wobei doch eine scharfe Trennung des natürlichen von diesem exaltirten Zustande vorhanden ist, so daß der oder die Kranke sich durchaus nicht mehr der Dinge erinnert, welche sie kurz zuvor im Traumwachen gesagt oder gethan.

Schlafwandeln.

Dr. Carus zählte unter seinen Patienten eine feine gebildete Frau, Gattin eines würdigen Gelehrten, welche seit einer Reihe von Jahren in Folge langer, nächtlicher Schlaflosigkeit öfter plötzlich im Sitzen, Stehen, ja im Gehen einschläft, die Augen schließt, mit sehr erhöhtem Gefühl der Fingerspitzen sich leicht orientirt, ihre häuslichen Geschäfte fortsetzt, spricht, schreibt, weibliche Arbeiten macht, doch nie im Stande ist, während dieses Zustandes Speise oder Trank zu sich zu nehmen, und wenn sie dann eben so plötzlich erwacht, durchaus nichts von dem mehr weiß, was sie in dieser Zeit gethan hat.

Häufiger beschränkt sich dieses Traumwachen auf die Nachtzeit, dann werden die Muskelkräfte gewöhnlich auf einen viel höhern Grad erhoben als man gewohnt ist, an den mit solchem Somnambulismus behafteten Personen zu finden, sie ersteigen mit Leichtigkeit Dächer, sie gehen an Abgründen sicher hinweg, neben denen sie im wachen Zustande sich durchaus nicht zu erhalten vermocht hätten. Allein hier darf keine höhere geistige Befähigung gesucht werden, im Gegentheile scheint der Geist damit gar nichts zu thun zu haben, denn die größere Stärke theilt mit dem Nachtwandler auch der Wahnsinnige, der äußerlich so schwach, daß ein Kind ihn niederwerfen würde, doch im Momente der ausbrechenden Wuth mit fünf oder sechs kräftigen Männern siegreich ringt, nicht von ihnen bewältigt werden kann; der schwindelfreie Maurer oder Schieferdecker leistet in anderer Hinsicht dasselbe.

Der höhere Geist, der Genius siegt hier. Stärkere und nach manchen Seiten geschicktere Bewegungen vermag auch das Thier zu machen, besser als der Mensch, und wie der Blick des Raubvogels weiter reicht als das menschliche Auge, so hat das Thier auch bei Vorahnung der Witterung und magnetischer Vorausbestimmung seiner Wanderzüge scheinbar den Vorzug vor den Menschen, aber der leuchtende Gedanke des Genies reicht bei dem Menschen weiter als bei jedem Geschöpfe; er setzt der Kraft des Nilpferdes und des Elephanten die Dampfmaschine, der Schnelligkeit des Rennthiers die Eisenbahn, dem Auge des Raubvogels das Teleskop und dem instinktmäßigen Bestimmen der Richtung bei der Wachtel den Compas siegend gegenüber, und wie in diesen Dingen, so überragt auch in der geistigen Macht der gesunde, geniale Mensch die Gefühlsmacht und das Ahnungsvermögen aller Somnambulen durch deren wunderbares Schauen, durch

deren hoch gehaltenes geistiges Vermögen das Wohl der Menschheit noch nie und nirgend gefördert worden.

Es ist schon oben berührt worden, daß ein mächtiges Nervengeflecht den ganzen menschlichen Körper durchzieht und daß die Blutströmungen demselben eine erhöhte Thätigkeit geben. Daher kann die Nerventhätigkeit durch alles dasjenige, was auf das Blut Einfluß hat, modificirt werden, wir sehen dies täglich an der Wirkung, welche Speisen und Getränke, die Wärme, die Bewegung auf uns haben. Ist diese Wirkung jedoch nur eine mittelbare, so wird man mit Recht nach einer unmittelbaren fragen dürfen, und diese würden wir in einem verwandten, d. h. wieder in einem Nervensysteme zu suchen haben und Wirkung von Eisen auf Eisen beim Magnetisiren gewährt jedenfalls das beste Bild dieses Vorganges.

Mittheilung des thierischen Magnetismus.

Wir haben S. 188 gesehen, daß man mit einem Magnetstahl einen anderen nicht magnetischen Stahl magnetisiren, in ihm die (schlummernde) Kraft erwecken könne, welche der magnetische Stahl besitzt, dabei verliert der magnetisirende Stahl von seiner in ihm vorhandenen Kraft durchaus nichts.

In sehr ähnlicher Weise wird nun auch der eine lebendige Körper auf den anderen wirken, ein kräftigeres lebensthätigeres Nervensystem wird nothwendig die Strömung des schwächeren erregen, sie gleichsam nach sich ziehen und gewiß ist es, daß hier oder nirgends der eigentliche Schlüssel zu allen sogenannten Wundern des Mesmerismus liegt.

Die Art der Behandlung von Kranken hier ausführlich zu beschreiben, kann nicht der Zweck des Verfassers sein, der überhaupt diesen ganzen der Physiologie angehörigen Abschnitt in das Lehrbuch der Physik nur aufgenommen hat, weil er den Namen „Magnetismus" führt und weil die Laien in der Physik, für welche diese populaire Naturlehre geschrieben ist, durch den Namen irre geleitet, eine Erklärung suchen, wo sie sie nicht finden, nämlich in der Lehre vom Mineralmagnetismus; allein einen oberflächlichen, leicht faßlichen Begriff von den Handgriffen und Strichen wollen wir geben.

Es muß vorausgeschickt werden, daß eine gewisse Verwandtschaft der Nerventhätigkeit, des Seelenlebens zwischen dem Magnetiseur und der magnetisirten Person nöthig ist, daß der Magnetiseur von ungewöhnlich kräftigem Körperbau, der Patient aber möglichst hingebend, widerstandslos sich verhalten müsse; weil diese Bedingungen sehr selten berücksichtigt werden, mißlingt das Magnetisiren so häufig, d. h. es bleibt erfolglos. Ist z. B. der

Magnetiseur schmächtig, schwächlich, energielos, so wird er schon gewöhnlichen Patienten gegenüber geringe Wirkung haben; ist aber der zu Magnetisirende noch obenein kräftiger, wohl gar willenskräftiger, so ist vollends an ein Gelingen nicht zu denken, daher sind so viele energische Naturen die entschiedenen Gegner des thierischen Magnetismus, dessen Wirkungen sie an ihrem eigenen Körper haben versuchen wollen. Sie waren kräftiger, willensreicher als der Magnetiseur, sie leisteten ihm Widerstand und all sein Bemühen mußte erfolglos bleiben. Nervenschwache Personen, vorzüglich Damen, geben sich der Einwirkung willig hin, sie sind deshalb die viel geeigneteren Subjecte zur Erregung hoher Grade des Mesmerismus und deshalb sind auch die meisten jener Wundererfolge gerade an Damen beobachtet worden.

Antipathie.

Daß zwischen zweien Personen, die einen Widerwillen gegen einander haben, an ein Magnetisiren nicht zu denken sei, versteht sich von selbst, aber häufig ist ein solcher Widerwille vorhanden, ohne daß man sich dessen im Entferntesten bewußt ist, wenigstens wenn er in das Bewußtsein tritt, ohne daß man sich denselben erklären kann. Was schreckt denn vor der Maus, einem der zierlichsten, unschädlichsten und furchtsamsten aber nicht furchterweckenden Thiere? Der Eine sagt: ah brrr, daß sie so grau ist, der Andere daß sie so huscht und unhörbar läuft, der Dritte daß sie so schwarze böse Augen hat; derselbe fürchtet sich vor dem unhörbar flatternden Schmetterlinge und vor der noch viel schneller huschenden Fliege und vor dem Kaninchen mit ganz rothglühenden Augen nicht; es ist also rein persönlich, liegt in Einem, in dem Andern nicht.

So auch ist es häufig zwischen zweien Menschen. Oft ist es bloß die Stellung der Augen, öfter aber die Art des Blickes, die Farbe, das Matte, Todte oder umgekehrt das zu lebendig Funkelnde des Auges, was zurückschreckt; ein andermal ist es der Geruch, den ein Mensch durch seine Ausdünstung verbreitet, was zurückstoßend sein kann, etwas das wohl ein Jeder schon in seinem Leben erfahren hat, das Nervenkranke aber ohne Zweifel noch viel öfter erfahren als Gesunde, weil die Organe Jener krankhaft gespannt sind, da mag eine Ausdünstung, welche wir gar nicht wahrnehmen, zu der die Nase eines Hühnerhundes oder eines nordamerikanischen Ureinwohners gehört, um sie nur wahrzunehmen, schon genügen, um eine Antipathie zu erwecken, während zum Gelingen des Magnetisirens Sympathie ein nothwendiges Erforderniß ist. Aber eben deshalb ist der Name

„Magnetismus" ein sehr unglücklich gewählter, denn beim Magnetisiren findet wirklich zwischen den Stahlsorten keine Sympathie und keine Antipathie statt, wenn schon der eine stärker gekohltes Eisen als der andere, sich besser oder schlechter magnetisiren läßt.

Eigentliches ärztliches Magnetisiren.

Der Magnetiseur wird wohl thun, zu seinen Operationen die mittleren Vormittagstunden oder die Abendstunden zu wählen. Das Zimmer muß mäßig temperirt, der Patient nur leicht und vor allen Dingen nicht beengend bekleidet sein und ausgestreckt auf dem Rücken auf einem einfachen Lager ruhen. Der Magnetiseur stellt sich vor dieses, nachdem er selbst seine Kleidung so eingerichtet hat, daß sie ihn nirgend drückt; vorsichtige Magnetiseure legen auch noch alles Metall (Börse, Ringe, Uhr, Schlüssel 2c.) von sich.

Der Magnetiseur muß nun mit dem festen Willen zu helfen und mit der Ueberzeugung, daß in dem ihm vorliegenden Falle durch Magnetismus geholfen werden könne, zum Werke schreiten. Er breitet die Hände aus, so daß sich die Daumenspitzen berühren und die anderen Finger gleich den Strahlen eines Fächers aus einander stehen, bewegt dieselben so vereint gegen den oberen Theil des Kopfes des Patienten, den er leise berührt und nun von beiden Seiten desselben, indem sich die durch die Daumenspitzen vereinten Hände trennen, niedergleitet am Halse herab, bis über der Magengegend die Hände sich wieder vereinen und dann aufgehoben werden.

Bei einem zweiten Striche, der immer wieder von dem Kopfe anfängt, gleiten die streichenden Hände an den Armen des Patienten nieder bis zu seinen Fingerspitzen. Es werden dabei auch wohl die Daumen der Patienten leise gedrückt.

Bei einem dritten Striche, abermals vom Kopfe beginnend, wird die Bewegung der Hände wieder über den Hals und die Brust geleitet, hört jedoch nicht in der Magengegend auf, sondern fährt über den ganzen Körper abwärts bis zu den Fußspitzen, welche wieder leise gedrückt werden.

Diese drei Stricharten werden nun in der angegebenen Ordnung wiederholt, bis etwa 10 bis höchstens 15 Minuten verflossen sind, welche Zeit selten überschritten wird, da der Magnetiseur eine nicht unbedeutende Anstrengung, und wäre es lediglich durch die ernste Anspannung seiner Willensthätigkeit, zu erdulden hat. Bei dieser Behandlung empfindet der Magnetisirte gewöhnlich ein leises Rieseln oder Strömen an, manchmal auch in seinem Körper, als ob ein schwacher Wind, ein leichter Luftzug ihn berühre,

der von den Fingern des Magnetiseurs ausgeht, wie der elektrische Wind, welcher aus einer Spitze strömt.

Wenn diese Wirkung stattfindet, so ist dies ein günstiges Zeichen, sie beruht auf einer Umstimmung der Innerationsströmung, und kann sich steigern, bis sich ein Gefühl von Müdigkeit einstellt, dem endlich wirklicher Schlaf folgt, welcher denn sehr verschiedene, manchmal stundenlange Dauer hat und nicht selten mit vermehrter Hautthätigkeit, ja mit wirklichem Schweiß endet. Ist die Einwirkung vollständig und günstig gewesen, so erwacht der oder die Kranke mit Wohlgefühl, mit Stärkung und Beruhigung der bisherigen Leiden. Uebrigens tritt nur selten der Schlaf bei der ersten Behandlung ein, gewöhnlich vergehen mehrere Wochen darüber, manchmal tritt auch bei Monate lang währender Behandlung kein Schlaf ein.

Der magnetische Schlaf bietet sehr wunderbare Erscheinungen dar. Es findet bei körperlichem Schlummer, bei einem völligen Herabsinken der Sinnesthätigkeit ein Erwachen innerer schärferer Sinne statt, vermöge deren die sogenannten Hellsehenden nicht nur innerlich sich selbst beschauen und über ihren Bau, die Beschaffenheit ihres Körpers Aufschlüsse geben (welches durch dasjenige, was sie hierüber durch Unterricht erfahren haben, durchaus nicht Erklärung findet), sondern ihr geschärftes, geistiges Auge sogar auf ferne, in Raum und Zeit bedeutend von den Hellsehenden getrennte Gegenstände richten, diese vollständig erkennen und darüber Rechenschaft ablegen können.

Mystischer Wahnsinn.

Leider ist über diesen hochwichtigen Gegenstand mit einem Leichtsinn oder mit einer wegwerfenden Vornehmthuerei geurtheilt worden, welche dem Gegenstande gar nicht angemessen scheinen; mehr aber als alle Satyriker geschadet, wenn sie die tollsten Fabeln von Personen erzählten, die mit einander in Rapport gebracht (z. B. ist die junge Gattin eines englischen Marineofficiers mit der 92jährigen Gräfin S. in magnetischem Rapport; die junge Dame reist nach der Guyana, wird daselbst guter Hoffnung und wird dann von einem Knäblein glücklich entbunden. Sie entdeckt diesen Vorfall ihrer magnetischen Freundin und zugleich den sonderbaren Traum den sie gehabt, daß jene Gräfin in derselben Lage sei; wer aber malt das Erstaunen der jungen Dame, als sie vier Wochen später einen Brief erhält, worin die alte Gräfin ihr ganz unbefangen meldet, daß die Grafschaft S. doch nun, dem Himmel sei Dank, nicht ohne Erben bleibe, indem sie eines gesunden Söhnleins glücklich genesen), mehr als dieses und hundertfältig

anderes zu Scherz und Spaß Ersonnenes haben die Anhänger des Mesmerismus der ohne Zweifel sehr guten Sache durch ihre übertriebene, lächerliche Leichtgläubigkeit geschadet. Wenn in einem absolut mystischen Buche wie „Tyrol und die Reformation in historischen Fragmenten. Ein katholischer Beitrag zur näheren Charakterisirung der Folgen des 30jährigen Krieges vom tyrolischen Standpunkte aus von Bete Weber. Inspruck 1841“ (nicht 1641 oder eine ähnliche Jahreszahl, sondern aus der Mitte des 19. Jahrhunderts) die verrücktesten Geschichten erzählt werden, so kann man sich dies, wenn schon mit Achselzucken über die jämmerliche Verstandeslosigkeit des Verfassers, gefallen lassen; allein wenn Ennemoser in der zweiten Auflage seines Mesmerismus (1853) diese Geschichten nachschreibt zur Bestätigung der Wunderwirkung des Mesmerismus, so thut er nicht allein sich in den Augen aller Vernünftigen, sondern er thut der Sache, die er vertheidigt, für die er mit eingelegter Lanze auftritt, den größten Schaden. Es wird unsere Leser unterhalten, zwei von Dr. Ennemoser aus dem gedachten Buche citirte Geschichten hier zu finden.

Herr Bete Weber erzählt: Neben diesen glänzenden Prachtblumen südlicher Tugend und Glaubensmacht sandte uns die italienische Halbinsel auch eine schmucklose, unendlich zarte, den heißen Küsten Calabriens entsprossene Blüthe in ihrer wehrlosen Unschuld, fast noch wirksamer als die feuerströmende Beredsamkeit seiner Vorgänger. Wir meinen den gottseligen Franz Vito aus dem Königreich Neapel. Er lebte 20 Jahre in der seeligen Dunkelheit eines ganz Gott geweihten Lebens, ohne alle Aufmerksamkeit der neugierigen Menschenliebe auf sein verborgenes Duften und Blühen in heiliger Liebe. Im zwanzigsten Jahre seines Lebens trat er in den Franziskanerorden strengster Zucht; ein herrlicher Jüngling, mittlerer Größe, vom zartesten Körperbau, fast durchsichtig in Fleisch und Farbe, mit weichen, sanft leuchtenden Zügen.

Schon während des Probejahres war sein himmlisches Zartgefühl so übermächtig, daß er im stürmischen Drange seiner Gefühle fast unaufhörlich in Thränen zerfloß.“ (Man muß dies nicht gar zu genau nehmen, er wird wohl nicht ganz aus einander gelaufen sein, sonst wäre ja nichts übrig geblieben für das Folgende.) „Bisweilen erschütterten ihn so tiefe Seufzer, daß es schien, sein Herz wolle sich aus seinem Sitze reißen und brechen im Uebermaße seiner innigsten Andachtsgluth.

Es währte nicht lange, so war die Kraft seiner gotterfüllten Seele so erstarkt, daß das sinnliche Gewicht seines Leibes seine geistigen Bewegungen nicht mehr hemmen konnte. Bei jedem heiligen Gedanken stieg er wie beflügelt in die Höhe, machte oft weite Strecken schwebend

durch die Luft, selbst bei feierlichen Umgängen vor allem Volke. Oft schwebte er wie ein leicht emporgewehtes Blüthenblatt aus dem Blumenflor des Gartens, zur Dachhöhe seines Ordenshauses, er selbst zwischen Himmel und Erde die duftreichste Blüthe. Nur die Stimme seines Vorstandes rief ihn wieder zur Erde zurück. Erschien er unter seinen Brüdern, so gings flüsternd von Mund zu Mund: „Reden wir nichts von heiligen Dingen, denn wenn es Fra Vito hört, so verlieren wir ihn gleich wieder aus dem Gesicht, wir müssen ihn doch auch ein wenig auf der Erde haben.“ Er trug seine Augen immer geschlossen, alle Kraft seiner Sinne einwärts gekehrt in die tiefste Mitte seiner betrachtenden Seele. Sein fastenbleiches, abgemagertes Angesicht erblühte in süßer Betrachtungslust stets zu heller Rosengluth und ein Leuchten himmlischer Strahlen durchschimmerte sein ganzes Wesen, brach aus seinem seelenvollen Auge.

Dem Fürstbischof von Trient, Carl Emanuel, wurden die Tugenden des Fra Vito (Bruder Vitus oder Veit) bekannt; sogleich beschloß er, diesen Mann zur Belebung des religiösen Sinnes in Tyrol zu benutzen. Der arme Ordensbruder brach (mit Bewilligung des dortigen Hauptes der Kirche) nach Trient auf, mit Schmerzen aus der liebgewonnenen Einsamkeit seiner Zelle, seines Gartens, aber durchglüht und getröstet von süßer Ansprache seines Geistes, wie ein schuldloses Kind vorüberziehend an den Prachtstädten Italiens, sorgsam tragend in seiner reinen Seele den Frieden, den die Welt nicht geben kann. Von Ancona fuhr er hinüber nach Venedig und als er in die Marcuskirche trat, machte die Heiligkeit des Ortes so tiefen Eindruck auf sein Gemüth, daß er ganz verzückt emporstieg an's Gewölbe der Kirche und mit seinem Kopfe die Deckel der Kuppel berührte.

Fernere Beispiele.

Mit Ausnahme der Hinweglassung einer häufig wiederholten Nennung Christi in Verbindung mit diesem Unsinn, welcher das Ganze zur Blasphemie stempelt, ist dieses wortgetreu der gedachten Schrift entlehnt, abgeschrieben. Wie ein gelehrter Arzt, wie Ennemoser, hierin eine Bestätigung der Wunder des Magnetismus sehen kann, wie hierin etwas Anderes als religiöser Wahnsinn, verbunden mit dem Veitstanz in der abergläubigen Auffassung und Darstellung des 17. Jahrhunderts, gesehen werden kann, ist schwer einzusehen. Der Münchener Arzt ist jedoch hiermit noch nicht zufrieden, er führt noch Marie Huber an; Vorsteherin eines Instituts der Schulschwestern zu Brixen, arm und kränklich von Jugend auf, welche ganz

ähnliche Erscheinungen hatte. Froh aller Noth und Arbeit, aller Kälte, den schlechtesten Dienst für den besten nehmend, arbeitete und litt sie zehn Jahre lang in Botzen, Inspruck und Salzburg umher, mit Abtödtung sich immer mehr abschälend von aller Theilnahme an dieser Welt; im Geiste täglich aufgeopfert und hingegeben ꝛc. ꝛc. Ihr gefälliges Wesen, ihre Fertigkeit, fremde Verhältnisse schnell von der richtigen Seite aufzufassen, machte sie sehr beliebt. Die Gnade mit ihren wundersamen Wirkungen drang immer tiefer in ihre Seele, alle Kräfte ihres Daseins aufregend, sie allmählig einführend in's süße Geistesleben in der neuen Creatur.

Mit dem Schwunge ihrer Gottesgefühle stieg die Kränklichkeit ihres irdischen Beiwesens, dabei fastete sie sehr strenge, in der Regel vier Tage in der Woche, oft bei Wasser und Brodt, so daß die Beichtväter ihrem Eifer Einhalt thun mußten. Alle äußeren Eindrücke weckten in ihr das reine Gefühl der heißen göttlichen Liebe. Einmal von einer Krankheit kaum ein wenig genesen, wurde sie von ihren Schwestern hinausgeführt in den Genuß der frischen Luft. Am Eisat, hinter dem Clarissinnenkloster unter zwei hoch aufragenden Nußbäumen hielten sie stille und redeten von der Fülle der Gnade. Maria blickte dabei auf das Wasser schöpfende Rad, welches die Gärten des Clarissinnenklosters aus dem Flusse tränkte. Auf einmal wurde sie verzückt, schwebte frei empor bis zu den Aesten der Nußbäume und blieb in der Luft hangen mit ausgebreiteten Armen unbeweglich und starr. Die Schwestern riefen ihren Beichtvater als Zeugen des wunderbaren Auftrittes. Nur der strengste Befehl löste sie endlich aus den Banden der Verzückung. Wieder zu sich selbst gekommen, erzählte sie, das Wasser schöpfende Rad habe in ihr die Vorstellung erzeugt, wie Gott seine Himmelsgnade ausschütte über die ausgedorrten Seelen der Menschen und Früchte der Tugend an ihnen hervortreibe. Die Freude darüber habe mit unwiderstehlichem Drange ihre Seele in die tiefste Gotteslust fortgerissen.

Liest man dergleichen Geschichten in einem medicinisch wissenschaftlichen Werke der Gegenwart als Bestätigung ausgesprochener Ansichten gegeben, so bleibt bei dieser unbegreiflichen Verirrung des menschlichen Geistes nichts übrig, als mit dem Hofmarschall Kalb in „Kabale und Liebe" auszurufen: „Mir steht der Verstand stille!"

Gäbe es nichts, was besser für die Existenz des thierischen Magnetismus spräche, als solche Albernheiten, die nicht etwa schwer zu erklären sind, sondern gar keiner Erklärung bedürfen, wie die schönsten Münchhausenschen Lügen; gäbe es nichts Besseres für die in diesen Blättern besprochene Kraft, so stände es um dieselbe sehr traurig.

Die ernsthafte Seite des Mesmerismus.

Indem in Folge des Mesmerismus (sagt Dr. Carus in seiner trefflichen Abhandlung über den Lebensmagnetismus) sich höchst merkwürdige Zustände entwickeln, muß man hinzufügen, daß man unmöglich größere Reihen von Beobachtungen über Fälle dieser Art durchgehen kann, ohne sich zu überzeugen, daß gerade in den Regionen des geistigen Zwielichts die breiteste Gelegenheit gegeben wird zu Irrthümern, Uebertreibungen und Täuschungen mit oder ohne Absicht, so daß hier stets mit größter Umsicht verfahren werden muß, wenn man wirkliche Facta erhalten will. Die Veranlassung zu Täuschungen liegt aber nicht im Magnetismus, sondern in äußerlichen verwerflichen Dingen: Eitelkeit, Sucht Aufsehen zu erregen, verborgene Leidenschaftlichkeit, Vorurtheile, wohl gar Gewinnsucht führen nicht selten selbst einen ziemlich scharfen Beobachter auf Abwege. Führt die Geschichte der Medicin Fälle auf, daß Kranke, nur um Aufsehen zu erregen, sich Jahre lang große Nadeln in verschiedene Theile des Körpers tief eingebohrt haben, um sich an dem Erstaunen des Arztes zu weiden, wenn dieser bei seinen Untersuchungen solche dem menschlichen Körper ganz fremde Gegenstände zu Tage bringt und sieht man Andere in religiösem Wahnsinn sich Verwundungen aller Art beibringen, noch Andere sich von ihren Verwandten zu Tode martern lassen (wie dies Letztere im Jahre 1854 in der Schweiz geschehen), um des Himmels gewiß zu sein, so mag man denken, wie viel öfter ein absichtliches Hintergehen geübt wird, wo Bewunderung mit weniger schmerzlichen Opfern zu erhalten ist. Legt man einen strengen Maßstab an, so wird die große Zahl der vielen magnetischen Wundergeschichten stets auf sehr wenige untadlige und wahrhafte zusammenschmelzen.

Das Kuriren magnetisch Hellsehender.

Einer besonderen Berücksichtigung verdient übrigens noch das Verordnen von Mitteln für sich und Andere, womit die magnetisirten Personen sich mitunter befassen. Bekanntlich wird gerade in dieser Sphäre mit dem thierischen Magnetismus der größte Unfug getrieben und es wird noch jetzt in den meisten großen Städten eine sogenannte Somnambule gefunden (auch wohl mehrere), welche dem leichtgläubigen, dem getäuscht sein wollenden Publikum ihre Weisheit gegen ein bestimmtes Honorar mittheilt. Alles was in solchen Fällen von den hellsehenden Damen über die Krankheit des

Fragenden ausgesagt wird, pflegt in so allgemeinen und doch so unnatürlich schwülstigen Ausdrücken gehalten zu sein, daß man die Quelle dieser medicinischen Weisheit in irgend einem alten, längst vergessenen Buche zu suchen hat. Wurden Medicamente verordnet, so waren sie gewöhnlich solcher Art, daß es ganz gleichgültig war, ob sie genommen wurden oder nicht, mitunter aber waren die Verordnungen auch entweder ganz widersinnig oder sogar sehr schädlich. Ein einziger Fall statt aller ähnlichen. Dr. Carus wurde bekannt, daß eine fremde in Dresden weilende Dame eine Haarlocke an eine Pariser Somnambule gesendet und sich von dieser Raths erholt habe. Dieser bestand zuerst in einer höchst confusen Beschreibung der Krankheit, an welcher die Dame leiden sollte, dann in der Verordnung, zu bestimmten Zeiten eine gewisse Quantität gestoßenes Glas einzunehmen. Die Folgen hätte man sich denken können; zum Glück gelang es, der Ausführung durch die bereitwillige Patientin noch hindernd in den Weg zu treten.

Indem hiermit das größte Mißtrauen gegen die Klasse sogenannter Somnambulen, welche aus der ärztlichen Praxis eine Art Handwerk machen, nicht nur unumwunden ausgesprochen, sondern auch einem Jeden, der nicht getäuscht sein will, empfohlen wird, soll doch gar nicht in Abrede gestellt werden, daß es Personen gegeben hat und noch giebt, welche theils von selbst, theils durch die Anwendung des Mesmerismus in das gedachte Schlafwachen verfallen, nunmehr in diesem Zustande ein bestimmtes Gefühl von dem haben, was ihnen dienlich sei und was zur Heilung ihrer Krankheit benutzt werden könne. Im Gegentheil ist dieser Instinkt, der gänzlich von dem inneren Geistesleben der Kranken regiert wird, ohne daß ihre erwachten Sinne etwas davon wissen, unter solchen Umständen eine ganz natürliche Sache und verdient jedenfalls, daß der Arzt (wenn auch nicht allemal unbedingt) diesen Verordnungen nachgebe, doch ihnen besondere Beachtung gönne. Carus führt einen ihm selbst bekannt gewordenen Fall von einer magnetisch hellsehenden Kranken an, in welchem dieselbe nicht allein den Namen eines Medicamentes, welches ihr helfen werde, sondern auch die Apotheke, in der es zu haben sei, die Büchse die es enthalte und den Standpunkt dieser Büchse in der Officin dergestalt genau beschrieb, daß man dieselbe sofort auffand. Ihr Arzt befolgte die Weisung, wandte das Mittel an und es hatte einen vollkommen günstigen Erfolg.

Wie hier in Beziehung auf die Kranke selbst ein Schauen außer sich hinaus möglich, thatsächlich war, so kann sehr wohl solchen Schlafwachenden wie durch ein zweites Gesicht auch der Zustand eines anderen Kranken anschaulich werden; es findet ein sympathetischer Zustand statt, in welchem die Somnambule sich in die Leiden der kranken Person hineindenkt und empfindet,

was ihr dienlich sein könne. Doch muß man auch hierbei mit großer Vorsicht zu Werke gehen, denn dergleichen Schlafende sind sehr leicht (auch ohne die Absicht zu hintergehen) geneigt, die Ansichten ihres Magnetiseurs, mit dem sie ja in dem innigsten Rapport stehen, aufzunehmen oder das Resultat einer früheren Lectüre mit den Eingebungen ihres inneren Sinnes zu verwechseln; ferner können fremde Einwirkungen sehr leicht auf sie benachtheiligend und den Gang ihres inneren Lebens störend einfließen; endlich aber liegt hier gerade die gefährliche Klippe der Täuschung ihrer selbst unwissentlich oder anderer absichtlich, sie werden bloß um Aufsehen zu erregen, um von sich reden zu machen, zu Komödiantinnen, welche mit einer an das Bewundernswürdige gehenden Schlauheit selbst den erfahrenen Magnetiseur zu täuschen wissen. Es versteht sich daher von selbst, daß man den Rath solcher Hellsehender nur auf sie selbst anwende (natürlich auch hier mit der nöthigen Vorsicht), nie aber auf Andere; ist Betrug dahinter, so schadet die Betrügerin nur sich selbst.

Von der Natur gebotene Mittel.

In welchem Grade aber der Mensch, auch ohne daß seine inneren Sinne durch den Magnetismus aufgeschlossen sind, im Stande ist, in Krankheitszufällen das Rechte wie aus Inspiration (oder nenne man es auch weniger erhaben „aus Instinkt") zu finden, davon geben die oft unwiderstehlichen Begierden kranker Personen nach diesem oder jenem Getränke oder nach einer ganz besonders unpassend scheinenden Speise, nach irgend einem derben Kutschergericht, Sauerkraut oder Erbsen mit geräuchertem Speck oder Bücklingen ꝛc. Kunde. Nur bei Schwangeren pflegt der Arzt darauf Rücksicht zu nehmen, sagend den Frauen, welche in Hoffnung sind, schadet nichts. Die Ansicht ist ganz unrichtig, den Schwangeren wie den Gesunden schadet alles Schädliche, nur dasjenige, worauf sie, wie der Sprachgebrauch sagt, ein Gelüst haben, nur dieses schadet ihnen nicht, es ist eine von dem innern Sinne verlangte Arznei. Tritt aber solch ein Fall bei einem Kranken ein, so ist es eben so ein Gelüst und dieses zu befriedigen schadet ihm sicher nicht, nur muß der Arzt unterscheiden zwischen dem was vielleicht eine bloße Laune und dem was ein dringendes Verlangen ist; die erstere legt sich denn bald, das andere kehrt immer wieder und in stets wachsender Stärke. Dem Verfasser sind einige solche ans Verrückte grenzende Selbstverordnungen bekannt, von denen er nur zwei mittheilen will.

Ein junger Mann war von dem Nervenfieber, das heftig grassirte, ergriffen und von dem Arzte so gut wie aufgegeben worden. In den beiden

letzten Tagen seiner Krankheit — man meinte es seien die letzten seines Lebens — rief er in den phantasiefreien Augenblicken Anfangs, wie man irgend ein gleichgültiges Getränk fordert, nach Buttermilch. Um Gottes Willen, sagte der Arzt, nicht einen Tropfen, es ist sein Tod. Am Nachmittage wurde das Verlangen des Kranken dringender, immer verweigerte es der Arzt; die Nacht warf sich der Kranke, immer mit seiner Buttermilch beschäftigt, mit Erschöpfung der letzten Kräfte im Bette umher; auch der Morgen und der Vormittag, der ihn ganz heruntergestimmt, ermattet fand, verging unter dem wiederholten dringenden Verlangen nach dem Getränk. Die zärtliche Mutter wollte dem armen jungen Mann die letzten Stunden seines Lebens wenigstens so weit sie konnte qualfrei machen und suchte sich die Buttermilch zu verschaffen, welche denn auch am Nachmittage ankam und dem Kranken gegeben wurde. Als dies geschah, leuchteten die zusammengesunkenen Züge, die eingefallenen Augen förmlich auf, die zitternden Hände faßten das ganze gefüllte Gefäß — man glaubte nicht, daß der Kranke eine Tasse halten könne — und mit durstigen, immer gierigeren Zügen trank er und trank, bis die Mutter ängstlich ihm das Gefäß entziehen wollte, als der Arzt eintrat, nicht wenig erstaunt und erzürnt über das was er sah.

Die Mutter ließ das Gefäß los, der Sohn leerte es, der Arzt sagte unvorsichtig und hart: Ihr Sohn überlebt die Nacht nicht, worüber der Kranke, indem er den leeren Topf wegsetzte, herzlich lachte und sich zum Schlafe umkehrte.

Die Folge des todbringenden Trankes war ein sechzehnstündiger Schlaf, aus welchem der junge Mann völlig gesund und gestärkt erwachte. Was mit ihm geschehen, wußte er nicht, seine Begierde nach der verderblichen Buttermilch war ihm völlig unbekannt, aber die wohlthätigen Folgen waren so unverkennbar, daß der Arzt nur kopfschüttelnd sagte: er könne dies nicht begreifen.

Die Reconvalescenz des Kranken dauerte kaum acht Tage, während deren er übrigens nicht das geringste Verlangen nach Buttermilch zeigte, und nach deren Abfluß er ausfahren und bald darauf ausgehen konnte. Die Krankheit hatte nicht einmal die gewöhnliche Folge des Ausfallens der Haare.

Eine Tanzkur.

Gewiß noch sonderbarer ist der zweite Fall. Ein junges von der Natur ungemein begünstigtes Mädchen, fand sich selbst gegen die Ueberzeugung aller ihrer Freunde zu stark gebaut, und um nicht noch durch Kleidung

dies ihr schon Zuviel zu vermehren, kleidete sie sich zu leicht. Der Verfasser war mit ihr, einer nahen Verwandten, in einer Gesellschaft, in welcher er dies bemerkte und sie vor den Folgen einer Erkältung warnte. Lachend ward diese wohlgemeinte Warnung von der Hand gewiesen, allein der nächste Erfolg zeigte, wie wohl begründet die Besorgniß gewesen. Es trat eine Unterleibsentzündung mit sehr gefährlichen Symptomen ein, und es ward von Seiten des Hausarztes sehr kräftig, man konnte sagen heroisch eingeschritten, wenn auf Kosten eines Andern mit dem Leben spielen großen Heldenmuth voraussetzte. Nach etwa 14 Tagen war die eigentliche Krankheit gehoben, allein es blieben innerliche Krämpfe, Coliken, große Unterleibsbeschwerden von äußerster Schmerzhaftigkeit übrig. Das junge, sehr kräftige Mädchen kam in den vier Wochen nach überstandener Krankheit viel mehr herunter, als durch die Krankheit selbst. Jedes einmalige Aufstehen hatte eine achttägige Bettlägerigkeit qualvollster Art zur Folge. Es ward dann wieder aufgestanden und abermals acht Tage unter grausamen Schmerzen im Bette zugebracht.

Nach der fünften Woche des Unwohlseins, in welcher die ganze Oeconomie des weiblichen Körpers auf das durchgreifendste gestört war, äußerte das arme von Schmerzen fortwährend geplagte Kind gegen die Mutter, wenn sie nur auf einem Ball recht tüchtig tanzen könne, so würde sie wohl gesund werden. Die Mutter und der Arzt schlugen die Hände über den Kopf zusammen des Unsinns wegen. So verging unter Schmerzen und Bitten nach Gewährung der verlangten Medicin die sechste Woche, an deren Schluß die Mutter endlich einwilligte, mit ihrer Tochter einen Ball zu besuchen.

Der Gedanke schon hob das gequälte Mädchen so, daß es schien, als vergäße sie ihre Krankheit; bis zum folgenden Abend hielten zwar die Leiden noch an, allein sie wurden mit wahrem Stoicismus unterdrückt, damit die Mutter nur die gewährte Bitte nicht wieder zurück nähme. Der Ball war endlich da und die junge Dame, welche zwar ganz gern tanzte, doch durchaus keine leidenschaftliche Tänzerin war, ließ keinen Tanz vorübergehen; von zehn Uhr Abends bis zum andern Morgen um vier Uhr war sie immerwährend auf dem Platze. Endlich ward sie von ihrer Mutter und der Familie des Verfassers beinahe mit Gewalt und jedenfalls sehr gegen ihren Willen vor Beginn des letzten Cotillons dem Balle entführt.

Man kann sich die Ueberraschung des Verfassers und seiner Gattin kaum denken, als er um 11 Uhr das junge Mädchen, frisch, blühend wie eine kaum aufgebrochene Rose, frei von allen Schmerzen, aller Krankheit, ja selbst von aller zurückbleibenden Schwäche, und wäre es nur die der

Müdigkeit nach einem Balle, in seine Wohnung eintreten sah. Die gefürchteten, leicht vorauszusehenden und vorausgesetzten Folgen blieben sämmtlich aus, und die Gesundheit der jungen Dame ist nicht getrübt worden durch etwa später eingetretene Folgen, denn es sind bereits zwei Jahre über jener Wunderkur verflossen.

Der Verfasser will sich hier sehr ernstlich vor dem Gedanken verwahrt wissen, als meine er, es sei sehr zweckmäßig, alle Nervenfieberkranke zwei Quart Buttermilch in einem Zuge trinken, oder Personen, welche eine Unterleibsentzündung haben, sechs Stunden lang tanzen zu lassen; eine Bestätigung seiner Ansicht aber — es sei wohl gerathen auf das dringende Verlangen, auf die Gelüste einzelner Patienten zu achten — liegt jedenfalls darin.

Jedes Geschöpf, jeder Gegenstand in der Natur steht mit dem anderen in Wechselwirkung — die Thiere untereinander mehr als die Pflanzen, diese mehr als die Steine. Thiere und Pflanzen aber unter einander gleichfalls. Es setzt dieses eine Wirkungssphäre voraus, einen Dunstkreis, in welchem sich jedes Ding für sich befindet. Thiere und Pflanzen, welche in einem steten Stoffwechsel begriffen sind (eine uralte Geschichte, von Liebig als etwas Neues ausgesprochen, während doch dem einfachen gesunden Menschenverstand es auffallen muß, daß der Körper Nahrung einnimmt, das Unbrauchbare von sich wirft, das Nutzbare in Fleisch und Blut verwandelt, ohne daß doch des Fleisches und Blutes mehr wird), geben diese Atmosphäre auf gar nicht unbedeutende Entfernungen durch den Geruch kund, aber selbst Steine und Metalle verdunsten, wenn schon vorläufig noch nicht meßbar; Eis aber bei 20 bis 40 Grad unter Null sehr deutlich meßbar.

Dieser Dunst des Quecksilbers, des Bleies, des Arsenik ist es, der die Arbeiter in den Bergwerken auf die gedachten Mineralien krank macht und tödtet, wenn sie nicht bei Zeiten die Gefahr fliehen, dieser Dunst bringt die Vergiftung durch Tapeten zuwege, dieser Dunst ist es, welcher die Krankheiten von Einem auf den Andern überträgt (Miasma), indem er unmittelbar, durch Einathmen oder mittelbar durch Uebertragung des Miasma auf einen luftcondensirenden Stoff, Wolle, Haare, Baumwolle, Zeuge ꝛc. empfangen wird; gar nicht zu sprechen von Kleidern, welcher ein Pestkranker getragen hat, und von welchem Theile seines Ich in den Kleidern haften bleiben.

Es ist hier nicht etwa die Rede von erhöheter Ausdünstung durch Krankheit — auch der gesundeste Mensch, auch das gesunde Thier läßt etwas von seinem Ich auf jedem Schritte liegen; wäre dies nicht der Fall, wie könnte der Hühnerhund, der Schweißhund die Fährte des Wildes ver-

folgen, wie die Spur eines im Walde verlaufenen Kindes? Der Hund folgt dem, was von dem Menschen, von dem Hirsch oder Eber, trotz der Hornhufe, welche seinen Fuß umkleiden, im Sande, im Stoppelfelde, im Moos des Waldes beim flüchtigsten Laufe liegen geblieben ist, und dieses Liegengebliebene ist so bedeutend, daß nicht nur die Geruchswerkzeuge des Hundes dasselbe auffinden, sondern daß der Eingeborne der Wildnisse von Nordamerika sogar es durch die Nase entdeckt. Beispiele hiervon haben uns die Gebrüder Schomburgk aus Südamerika und Georg Catlin aus dem Missouriegebiet von Nordamerika zur Genüge mitgetheilt und im Folgenden finden alle diese Beispiele ihre natürliche Grundlage.

Große Verschiedenheit in der Nerventhätigkeit findet viel häufiger statt, als man glaubt. Jeder Mensch hat seine fünf Sinne (wenn er gesund ist) und kann sie frei gebrauchen — aber gewiß ist, daß er sie erst brauchen lernen muß, daß er sie schlecht braucht, wenn er es nicht gelernt hat, und daß er, auch ohne im geringsten stumpfe Sinne zu haben, sie nur einzeln braucht, indeß der Andere deren mehrere und jeden einzelnen mit dem andern zugleich gut gebraucht.

Die Personen, deren Sinne nicht aufgeschlossen sind, zeigen eine sehr auffallende Trägheit des Fassungs- und des Beobachtungsvermögens. Der gewöhnliche Handwerker muß von seiner Arbeit ablassen, wenn er mit Jemand spricht, die Köchin, welche die unbedeutendste Arbeit thut, welche ihr Denkvermögen nicht in Anspruch nimmt, hört auf, den Topf zu scheuern, das Feuer zu schüren, wenn die Frau vom Hause ihr etwas aufträgt oder anordnet. Die Caffeeschwester, das Stubenmädchen, wenn sie mit Anderen klatschen, hören nicht, wenn man mit ihnen spricht, ja hören nicht, wenn man sie wiederholt ruft. Es giebt Leute, welche durch den Geruch einer ausgeblasenen Oellampe, eines Talglichtes nicht incommodirt werden, diese werden der Spur eines verlaufenen Kindes nicht folgen; man könnte das stumpfsinnig nennen, aber eine feine Dame, welche von solchem Geruch so gut wie von Moschus oder Patscholi in Ohnmacht fällt, bemerkt ihn nicht, wenn sie mit der geliebten Freundin beim Abschiednehmen zwei Stunden lang in der offenen Stubenthüre steht, um im letzten Augenblick noch das Wichtigste zu verhandeln, wozu man einen ganzen Nachmittag und Abend Zeit hatte, sie fühlt auch den Zug nicht, von dem sie sonst Zahnschmerzen bekommen würde und weil sie ihn nicht fühlt, darum bekommt sie keine Zahnweh.

Dagegen giebt es wieder Leute, welche die Orgel spielen und singen — sie müssen ihre Aufmerksamkeit auf die Manuale und das Pedal richten, sie haben fünf Notensysteme und eine Zeile Text vor sich und in zwei

Notensystemen besteht vielleicht jedes Viertel und jedes Achtel aus drei bis vier Noten-Accorden, dennoch haben sie noch etwas Nerventhätigkeit übrig, um damit dem Gange des Orgelconcertes zu folgen, ja es durch den Blick, durch die Neigung des Kopfes rechts oder links zu dirigiren und noch Jemandem eine Bemerkung zuzuflüstern oder eine Frage zu beantworten.

Von den Diplomaten will man behaupten, sie könnten mit Jemandem im eifrigsten Gespräche sein und doch genau hören, was ein anderes Paar mit einander spricht; daß der Kammerdiener die Befehle seines Herrn zugleich mit den Geheimnissen der gnädigen Frau im anderen Zimmer in sein Gedächtniß aufnimmt, dies will alles nichts sagen gegen die geschärfte Sinnesthätigkeit eines Eingebornen der Prairien oder der Felsengebirge. Im lebhaft tiefen Gespräch mit seinen Genossen, sieht er die Spur des verfolgten feindlichen Stammes, zählt er die Tritte derselben auf dem nackten Felsboden, unterscheidet er in diesen Fährten die Fußtapfen der Männer von denen der Frauen, hört er zugleich bei der Aufmerksamkeit auf das Gespräch und auf die Fährte, das Knistern gebrochener Zweige im Walde und weiß daraus zu beurtheilen, von welchem Thiere es herrührt, ob von dem springenden Hirsche, dem trabenden Pferde, dem galloppirenden Prairiewolf, wittert, riecht er das Wasser des noch eine Meile weit entfernten Flusses.

Aber nicht der Wilde allein hat so scharfe Sinne, auch der Jäger unserer Forsten sieht die Fährte, wo wir dieselbe nicht sehen und weiß die des weiblichen Hirsches von der des männlichen zu unterscheiden, weiß ob das Weibchen trächtig ist oder nicht und vieles andere, wovon der Bewohner der Städte keine Ahnung hat und deren Erwähnung er daher sehr leicht für Fabeln, absichtlich erfundene Lügen, Aufschneidereien hält.

Dies Alles findet bei gesunden Personen statt. Bei Nervenkranken haben die Sinne eine noch bedeutend erhöhte Thätigkeit und so wird es denn Niemand in Erstaunen setzen, besonders fein organisirte, zart besaitete Personen nicht blos von der Nähe des Magnetiseurs, sondern schon von Dingen, die er berührt hat, afficirt zu sehen. Es wirkt hier zusammen der Ausfluß, die Atmosphäre, welche von jedem lebenden Wesen ausgeht, und die größere Empfindlichkeit der Sinne des Patienten. Diese Bemerkung brachte M e s m e r auf den Gedanken, seine Gegenwart durch leblose Dinge, die er berührt, mit seiner Atmosphäre umgeben hatte, als Stellvertreter seiner selbst bei magnetisirten Personen zu verwenden. Er bediente sich vorzugsweise des magnetisirten Wassers, das er seinen Patienten übergab. Frisches reines Brunnenwasser, das er zwischen den Knieen in einem großen Gefäß gehalten, mit den Händen so behandelt hatte, wie man Kranke

magnetisirt, — mit dem einzigen Unterschiede, daß die Striche mit den Händen nur darüber hin, nicht bis zur Berührung gegangen waren, — hatte den merkwürdigen Erfolg, daß es nicht nur von den durch ihn magnetisirten Patienten sofort erkannt und von anderem, nicht magnetisirtem Wasser unterschieden wurde, sondern daß es auch Heilwirkungen übte.

Es gingen nun Mesmer und später seine Nachfolger noch weiter: sie versuchten den Magnetiseur ganz zu ersetzen, so daß derselbe ein für allemal (oder wer sehr gewissenhaft war täglich wiederholte) Gegenstände magnetisirte, von denen die Patienten dann statt von dem Magnetiseur die heilsame Kraft entnehmen sollten und so entstanden die sogenannten Baquets. Anfänglich waren es Flaschen mit magnetisirtem Wasser um einen in der Mitte eines hölzernen Bottichs stehenden Eisenstab gelegt, mit den Mündungen nach diesem gekehrt, indessen von dem Eisenstabe Stangen strahlenförmig nach verschiedenen Richtungen gingen, welche die Kranken an die besonders leidende Stelle ihres Körpers setzten und mittelst Streichen mit den eigenen Händen von dem Stabe nach dem Körper zu die in dem Baquet befindliche magnetische Kraft an sich zogen. Die Flaschen lagen selbst wieder auf Eisenfeilspähnen, welche mit magnetisirtem Wasser übergossen waren. Später machte man die Baquets, indem die Grundeinrichtung mit der Wanne und den Eisenstäben dieselbe blieb, insofern anders als man sich verschiedener Materialien, Glasscherben, Eisenstücke, Sand oder Kies ꝛc. bediente und das Magnetisiren derselben für überflüssig hielt. Die elektrisch-magnetische Thätigkeit der zusammengewürfelten Substanzen sollte eine neue Kraft, den Siderismus (Eisenkraft) erzeugen und der Patient dieselbe durch Streichen der Eisenstange gegen seinen Körper aus diesem Baquet ziehen.

Hat sich nun durch die Erfahrung erwiesen, daß eine Heilwirkung thatsächlich stattgefunden, so geht daraus wohl nicht hervor, daß die Kraft der Glasscherben und der verrosteten Nägel es gewesen, sondern vielmehr daß die Einbildungskraft der Patienten über die Krankheit den Sieg davon getragen; etwas das durchaus nicht neu an sich ist, sondern dem aufmerksam beobachtenden Menschen täglich vorkommt.

Einwirkung des Pflanzenreiches auf den Menschen.

So wie von dem lebenden Thiere, so geht auch von der lebenden Pflanze eine Atmosphäre aus, welche dieselbe auf nicht unbedeutende Strecken wirksam macht. Das blühende Rapsfeld macht sich auf ¼ Meile bemerkbar, der duftende Föhrenwald macht einen bezaubernden Eindruck auf den müden Wanderer, welcher ihn in der Schwüle des Sommertages aufsucht. Es ist nicht die Kühlung, welche so wunderbar wirkt, denn ein Föhrenwald ist nicht

kühl, die Sonnenstrahlen dringen durch die mager befiederten Kronen hindurch; der Ruhende findet keine Beschattung wie im Buchenwalde, er findet trockne Nadeln und einen durchwärmten Boden zum Ruhelager; allein ein so balsamischer Wohlgeruch durchdringt den Wald, umfängt den Wanderer, daß die Brust nicht Raum genug zu haben scheint und sich wieder und immer wieder und noch weiter hebt, um die wohlthuend duftende Luft aufzunehmen. Der Müde, ja der Dürstende wird gelabt, gestärkt, beruhigt und er wandert weiter frisch und munter, ohne etwas Anderes als den Wohlgeruch der stolzen Waldesbäume, den Balsam ihrer Blüthen eingesogen zu haben.

Es mag wohl jeder Baum seine eigne Wirkungsart haben, wir finden wenigstens hunderte von Sagen der grauen Vorzeit wie des Mittelalters an heilige Bäume, an die Eiche von Dodona, an den Oelbaum der Pallas, an die Esche Ygdrasil in Skandinavien, an die Druideneiche und an die heilige Linde im mittleren Europa gebunden. Der Schatten und die Kühlung allein sind es gewiß nicht, man vergleiche nur den Unterschied in der Wirkung eines Eichenwaldes und eines großen alten Gemäuers, welches auch Kühlung und Schatten giebt, aber man möchte ihn den Schatten des Todes nennen, wenn man an die lebendige, flüsternde und bewegliche Beschattung denkt, welche eine breitästige, 400jährige Eiche giebt. Der prosaische Italiener zieht allerdings den Mauerschatten vor, doch nur weil er keine Wälder, ja außer den Gärten der reichen Fürsten nicht einmal Bäume hat. Auf den Gebirgen, wo, unzugänglich und unwegsam wie sie sind, noch Wälder gefunden werden, weil man sie nicht verwerthen kann, sucht man auch den Schatten der Bäume auf, wenn schon überhaupt selten, da der Italiener niemals für etwas Geringeres als kleine Silbermünze und Polenta schwärmt und des süßen Nichtsthuns lieber in seiner dumpfen Höhle als in der freien Natur pflegt, wenn ihn nicht etwa sein Stand, der eines Rinder- oder Schweinehirten, dazu nöthigt.

Direkte Beobachtungen über die Wirkung alter Bäume auf nervenkranke Frauen sind übrigens wiederholt gemacht worden. Man hat sie in den Schatten einer Linde gebracht und auf einem bequemen Ruhebette so gelegt, daß sie mit den Füßen den Stamm des Baumes berührten. Erkräftigung und Beruhigung der Nerven, also ein entschieden wahrnehmbarer wohlthätiger Einfluß, war nicht zu erkennen, doch fehlt es noch an der genügenden Anzahl von beobachteten Fällen, um mit Sicherheit auf die Heilwirkung schließen zu können, wenn schon in der Voraussetzung, daß eine solche stattfinden müsse, einige magnetisirende Aerzte ihre Baquets durch leitende Stäbe mit großen gesunden Bäumen verbanden.

Einwirkung der Thiere auf den Menschen.

Viel direktere Beobachtungen liegen für diesen Gegenstand vor. Man sagt, ein Gichtkranker (besonders der Podagrist) solle Meerschweinchen zu sich in das Bette nehmen, sie zögen die Gicht an sich, der Mensch würde gesund, das Thier krank. Ist das Letztere auch nicht wahr, so doch sehr häufig das Erstere, weil die thierische Wärme und Ausdünstung wohlthätig auf den Kranken wirken. Die Beobachtung, daß alte, abgezehrte Menschen wieder zu Kräften kommen, wenn sie mit jungen Personen in einem Bette schlafen, ist älter als die Geschichte des Königs David, denn an ihm wird die Kur als eine bekannte Sache wiederholt. Alte Leute fühlen sich gestärkt, ihre Glieder beweglicher, wenn zu ihren Füßen ein Hund schläft; dies ist ganz derselbe Fall wie der unmittelbar vorher berührte, nur ist er nicht so kostbar, aber zugleich ist er auch wohl weniger wirksam. Daß übrigens eine Wechselwirkung stattfindet, unterliegt keinem Zweifel; wenn auch das Meerschweinchen nicht die Gicht bekommt, so wird der Hund doch mager und elend. Wenn alte magere Männer junge Frauen nehmen, so werden die älteren Personen gestärkt und erkräftigt und die jüngeren zehren ab, ja dem Verfasser ist ein Fall bekannt, wo ein schwächlicher Mann von 50 Jahren bis zu seinem 60. Jahre drei Frauen begrub, welche alle jung und blühend ihm die Hand gereicht hatten und nach kurzer Zeit elend werdend, immer schwächer und magerer, vor Ablauf des dritten Jahres starben, indeß man dem Wittwer das Aelterwerden nicht anmerkte, auch die gemuthmaßte Abzehrung, die er selbst haben sollte, nicht eintrat. Es fand sich keine vierte Frau und da ward denn seine physische Kraft sehr bald erschöpft.

Die Thierbäder, welche jetzt viel, wenn schon immer noch nicht so häufig angewandt werden als sie wohl sollten, haben einen außerordentlich wohlthätigen Einfluß auf schwächliche Constitutionen. Der Dunst des frischen Thierblutes, der Dampf und die Wärme, welche die schnell nach dem Tödten geöffnete Brust- und Bauchhöhle im noch warmen Zustande dem hinein gelegten Kinde oder auch erwachsenen Personen abgiebt, ist von einem so außerordentlich stärkenden, erkräftigenden Einfluß, daß wohl Niemand daran denken wird, denselben dem consumirten Eiweißstoff zuzuschreiben, welcher aus dem geschlachteten Thiere in den Menschen übergegangen wäre; diese Quantität ist so gering, daß sie wohl durch ein genossenes Hühnerei oder eine halbe Tasse Bouillon weit aufgewogen würde. Der mächtige Einfluß, welcher sich am sichtlichsten dadurch offenbart, daß Fleischer immer starke,

wohlgenährte Personen werden und nie an Abzehrung, Schwindsucht leiden, ist offenbar dem Mesmerismus zuzuschreiben, der Wirkung eines lebendigen Organismus auf einen anderen. Leben wirkt auf Leben, selbst das verhauchende Leben ist noch von großem Einfluß; rohes Fleisch ist viel nahrhafter als durch die Kochkunst verdorbenes. Es ist erstaunend, welche geringe Quantität von dem Fleische des so eben gewürgten Thieres der Löwe, der Panther zu sich nimmt, es scheint der Blutdunst und das Blut selbst bei weitem die Hauptsache an der Nahrung zu sein. Ein Rind frißt an Gras wenigstens fünfzig Mal mehr als der bengalische Tiger, der es zerreißt, von seinem Fleische frißt.

Die moderne Geisterseherei.

Es giebt einen alten Aberglauben, der sich in den niederen Sphären der menschlichen Gesellschaft sehr allgemein verbreitet hat und der auch aus den höheren Schichten, wenigstens aus dem Damenkreise derselben noch keineswegs verbannt ist. Der Aberglaube an das Erbbuch und den Erbschlüssel, zwei Dinge, welche durch ein paar Generationen in absteigender Linie sich vererbt haben und in denen jetzt gewissermaßen ein Hauskobold wohnt, welcher weiß, was vorgeht, weiß, was Anderen verborgen ist und den man also nach solchen verborgenen Dingen fragen kann.

Der Schlüssel wird mitten in das Buch (es muß ein Gesangbuch oder eine Bibel sein) gelegt, so daß der Ring etwa 1 bis 2 Zoll über den Schnitt des Buches hervorragt. Zwei Personen, wo möglich dem Hause angehörig, stellen sich einander gegenüber, legen den rechten Oberarm an den Leib und strecken den Unterarm gegen einander, so daß die ausgestreckten Zeigefinger der beiden rechten Hände (welche übrigens geschlossen sind) sich beinahe berühren. Auf die nach oben gekehrten inneren Seiten der Finger legt man nun den Schlüssel mit dem darum befestigten Buche, so daß der halbe Ring desselben auf dem Zeigefinger des einen, der andere halbe Ring auf der Fingerspitze des anderen ruht.

Man sieht ein, wie leicht beweglich diese Unterstützungsart ist und wie wenig dazu gehört, daß Buch und Schlüssel, auf zwei so wenig festen Stützpunkten ruhend, sich sehr leicht drehen werden. Die beiden Personen, welche den Schlüssel so tragen, sollen nun ihre ganze Aufmerksamkeit auf den Gegenstand richten, mit welchem sie sich beschäftigen und dann die Fragen an das Orakel richten. Es ist etwas im Hause gestohlen, wer ist der Dieb? Ist es Hans, ist es Peter, ist es Mine? Derjenige, bei dessen Namen das Buch mit dem Schlüssel sich dreht, ist der Verbrecher.

Aelteren Damen wird diese Art, das Schicksal zu befragen, ohne alle Zweifel wohl bekannt sein, auf dem Lande findet man sie am häufigsten und in Häusern, in denen man sie am wenigsten suchen sollte.

Es lassen sich diese und die Versuche mit den Pendelschwingungen eines Ringes an einem Faden, einer Haselruthe ꝛc. bis in das ferne Alterthum zurückführen und es hat das Journal des Savants von den Jahren 1853 und 1854 es nicht verschmäht, die Untersuchungen des bekannten Gelehrten E. Chevreul über diesen Gegenstand in seine Spalten aufzunehmen, daher wir demselben wohl auch einige Worte widmen dürfen.

Die ältesten Nachrichten über diesen Gegenstand liefert uns Ammian Marcellinus, ein Grieche aus Antiochia, welcher einen Feldzug in Gallien und Germanien, einen anderen in Persien unter Kaiser Julian mitmachte und gegen Ende des vierten Jahrhunderts christlicher Zeitrechnung starb. Er hat eine Geschichte der römischen Kaiser von Nerva, bei welchem Sueton aufhört, bis auf Valens geschrieben, in welcher er, so weit sie die letzten zwei Decennien betrifft, als Augenzeuge redet. Nach diesem Historiker sollte der Name des auf Valens folgenden Kaisers durch Zauberkünste entdeckt werden. Marcellinus beschreibt dies folgendermaßen:

„Ein gewisser Palladius giebt an, daß zu Lebzeiten des Kaiser Valens über den Reichsnachfolger durch abscheuliche Wahrsagerkünste Nachforschungen angestellt worden seien. Wegen dieses Verbrechens wurden sehr Viele gefänglich eingezogen, dabei betheiligt waren auch Patricius und Hilarius. Vor ein peinliches Gericht gestellt, gab Hilarius Folgendes an:

„Wir erbauten, hochansehnliche Richter, ähnlich dem Delphischen Dreifuß unter schrecklichen Auspicien aus Lorbeerzweigen dieses unglückselige Tischchen, das Ihr hier sehet, und nachdem wir es unter dem Aussprechen geheimnißvoller Zauberformeln und mit vielen und langen Ceremonien gehörig geweihet hatten, brachten wir es endlich in Bewegung."

„Mit diesem „„in Bewegung setzen"" verhielt es sich, so oft man über geheime Dinge sich Raths erholen wollte, folgendermaßen: Es wurde der Tisch in der Mitte des Hauses aufgestellt, nachdem er von allen Seiten mit Weihrauchduft gereinigt worden war. Darüber wurde einfach eine runde Schale gesetzt, die aus verschiedenen Metallen gefertigt sein konnte, an dem äußersten Rande ihrer Rundung waren die 24 Buchstaben des Alphabets eingegraben und regelmäßig aus einander gehalten, indem die Abstände genau abgemessen waren.

„Ueber diesen Dreifuß stellte sich nach der Ceremonienordnung Einer in leinene Kleider gehüllt und eben so mit leinenen Schuhen (Strümpfen nur von Priestern und reichen Leuten in den Sandalen getragen) versehen,

das Haupt mit einer Binde umwunden und in der Hand Zweige eines Glück verkündenden Baumes haltend, nachdem die Gottheit, welche die Weissagung geben sollte, zuvor durch bestimmte Zauberformeln günstig gestimmt war.

„Er schwang ein schwebendes Ringlein, das an einem sehr leichten karpathischen Faden hing, den man nach den Vorschriften des Magiers geweiht hatte. Dieses Ringlein schlägt, indem es die bestimmten Zwischenräume überspringt, auf die einzelnen Buchstaben, welche festgehalten werden und durch ihre Aneinanderreihung den Fragen entsprechende Antworten bilden, welche nach Rythmus und Versmaaß vollkommen abgeschlossene Hexameter bilden, wie die pythischen und wie diejenigen, welche in den Orakelsprüchen der Bronchiden vorkommen.

„Als wir dann fragten, wer dem gegenwärtigen Kaiser auf den Thron folgen wird, weil man uns gesagt hatte, daß es ein in jeder Hinsicht ausgezeichneter Mann sein würde, so bildete der Ring hüpfend zwei Silben und bei der Hinzufügung des nächsten Buchstabens am Ende rief einer der Anwesenden sogleich aus: Theodorus werde durch die Vorausbestimmung des Schicksals angedeutet und es wurde die Nachforschung der Sache nicht weiter fortgesetzt."

Die Theilnehmer an diesem Spaß, der ihnen sehr theuer wurde, erlitten alle den Tod durch Henkershand.

Auch Kircher in seinem großen Werke über die unterirdische Welt (lateinisch geschrieben De mundo subterraneo 1672) berichtet, wie man einen zwischen Daumen und Zeigefinger gehaltenen Faden mit daran hängendem goldenem Ringe Metalle, Masse und dergleichen unter der Oberfläche der Erde entdecken könne.

Späterhin, in einer uns näher gelegenen Zeit, am Ende des vorigen Jahrhunderts und am Anfange des jetzigen, hatten Gelehrte, wie der berühmte italienische Physiker und Physiolog Fontana, wie der eben so berühmte Spalanzani, Professor der Physik zu Pavia, sich mit diesem Gegenstande beschäftigt; es war dann der Bibliothekar der Ambrosiana zu Mailand, Ritter Carlo Amoretti, nachdem er sich eine Reihe von Jahren mit diesem Gegenstande beschäftigt hatte, mit einem Werke darüber aufgetreten, dem bald darauf ein zweites folgte, das von Kieser unter dem Titel „Elemente der animalischen Elektrometrie" übersetzt und in Deutschland eingeführt wurde, worauf durch J. W. Ritter die Sache noch weiter verfolgt wurde, bis sie in die Romane drang und sogar Göthe in seinen Wahlverwandtschaften den schwingenden Ring und Markasit (es ist hier nicht Wismuth, welches Markasit heißt, sondern Eisenkies gemeint, den man statt

des Ringes häufig anwandte) nicht verschmähte, wiewohl er bei seiner Oberflächlichkeit in wissenschaftlichen Dingen auch hier nur sagt, daß in Ottiliens Händen der Ring über den verschiedenen Metallen bald in Kreisen, bald in Ellipsen oder in geraden Linien, bald hin, bald zurück, wie man es nur haben wollte, tanzte.

In Frankreich stellte ein Professor Gerboin Experimentaluntersuchungen über einen neuen Modus der elektrischen Thätigkeit" — dafür hielt er die Pendelschwingungen — an; ja der ernst forschende Carus hat in der damaligen Zeit im Verein mit mehreren Aerzten ganze Reihen von Versuchen zu Protokoll genommen, um zur Entscheidung darüber zu gelangen, ob dergleichen Schwingungen wirklich durch ein fremdes, elektrisches oder magnetisches Agens bedingt, oder ob sie durch gewisse unbewußte Bewegungen verursacht seien, eine Frage, welche wir überhaupt in dem ganzen Verfolg dieser Abhandlung als die wesentlichste ansehen und im Auge behalten müssen, denn auf diese unbewußten Bewegungen läuft am Ende Alles hinaus, wenn man vorurtheilsfrei beobachtet. Allerdings ist ein in der Sache selbst Befangener kein recht gültiger Zeuge, denn er sieht durch eine gefärbte Brille.

Amoretti beginnt seine oben angeführte Abhandlung damit, daß er die Substanzen, welche man solchen Experimenten unterwirft, eintheilt in Elektricitätserreger und indifferente Substanzen (Nichterreger). Physikalisch läßt sich dieses gar nicht rechtfertigen. Eine Substanz ist nie ein Elektricitätserreger; zwei Substanzen sind es dagegen immer, welche man auch nehmen möge, es giebt keine Zusammenstellung zweier verschiedener Körper, welche nicht durch Reibung oder Berührung Elektricität hervorbrächten, von dem physiologischen Standpunkte ausgegangen, ist dies zwar anders, allein jedenfalls hat Amoretti einen schlechten Namen gewählt, weil Elektricität hier durchaus nicht im Spiele ist.

Amoretti theilt ferner die Personen, welche sich mit den Experimenten der Art abgeben, in solche, welche durch die Elektricitätserreger selbst erregt werden — und er nennt diese „lebendige Elektrometer" — und in solche, denen dieses Erregtwerden abgeht. Die lebendigen Elektrometer aber theilt er nochmals in solche, in deren Händen sich die Instrumente bewegen, indem sie (die Personen) eine sehr entschiedene Empfindung davon haben und in solche, bei denen sich die Ringe, Ruthen &c. bewegen, ohne daß eine Empfindung wahrgenommen wird. Amoretti hat auch noch gefunden, daß es Personen giebt, welche an sich nicht empfänglich sind für das, was er hier Elektricität nennt, die es jedoch werden, sobald ein lebendiges Elektrometer

sie anfaßt. Diese Personen nennt er **Leiter**. Solche aber, die nicht empfänglich sind, auch wenn ein Elektrometer sie berührt, heißen bei ihm **Isolatoren**.

Diese Eintheilung ist an sich höchst bequem für den Erfinder der neuen Theorie, denn sie giebt ihm sofort die Mittel in die Hand, sich aller Einwendungen zu entledigen. Wem die Versuche **nicht gelingen**, der ist ein **Isolator**.

Die ältesten Experimente der Art reichen sehr weit zurück, es sind diejenigen, welche noch jetzt der Bergmann mit der Wünschelruthe macht.

Fig. 107.



Ein gabelförmiger Zweig, wie ihn die nebenstehende Fig. 107 zeigt (in Deutschland von der Corneliuskirsche oder der Haselstaude, in Italien von dem Oelbaum, im Ganzen ist dies vollkommen gleichgültig) wird mit beiden Händen an dem kürzeren Theil gefaßt, so daß der Stiel der Gabel herabhängt; dann dreht man beide Hände so um, daß die gewöhnlich unten liegenden Seiten mit den kleinen Fingern nach oben, die oberen Seiten mit den Daumen nach unten kommen, wodurch der Stiel der in beiden Händen gehaltenen Gabel nach aufwärts kommt. Diese gezwungene Stellung der Arme giebt ihnen eine Spannung, welche zum Gelingen des Experiments durchaus nöthig ist.

Der mit der vorausgesetzten elektrischen Kraft ausgerüstete (lebendige Elektrometer) geht nun mit der so gehaltenen Ruthe umher und giebt auf die Bewegungen des oberen geraden Theiles Acht. Wo nun Metalle unter dem Erdboden verborgen sind, da soll die Ruthe sich von dem Körper des Haltenden nach dem Boden hin neigen.

Dieses Grundexperiment, welches von den Bergmännern nie unterlassen wird, wenn sie in einem Gebirge den passenden Ort zu einem Schachte suchen, wurde von den deutschen, französischen und italienischen Gelehrten, welche wir im Verlauf dieser Betrachtung genannt haben, vielfach abgeändert und es ward gefunden, daß nicht einmal eine sogenannte Wünschelruthe nöthig sei, um die gewünschten Erfolge zu erzielen. **Amoretti** vor Allen ging am weitesten, er behauptet, daß wenn ein Mensch elektrometrische Eigenschaften habe, es genüge, ihm eine Feder oder ein magnetisirtes Eisenstäbchen zwischen Daumen und Zeigefinger zu geben und einen seiner Füße auf einen elektro-motorischen Körper zu setzen, um sogleich Schwingungen an den gehaltenen Gegenständen wahrzunehmen. Die Feder (ein gewöhnlicher Gänsekiel) wird aufrecht mit der Fahne, welche nicht verletzt sein darf, in die Höhe gehalten, der Magnetstab wird an einem Ende gefaßt und hängt

in seiner ganzen Länge abwärts. Fänden keine Drehungen oder Pendelbewegungen statt, so sei der Experimentirende kein Elektrometer.

Der Satz ist, wie bereits bemerkt, ein ungemein verständig erdachter, er verräth viel Geist und wird deshalb auch bis auf die heutige Stunde allen denen als diamantener Schild vorgehalten, denen die Experimente nicht gelingen oder denen, die nicht daran glauben. Sie sind kein Medium (neueste Ausdrucksweise), ihnen kann es nicht gelingen. Sehen Sie, dieser Herr, diese Dame ist ein Medium — da gelingt Alles.

Amoretti hat nun auch dieselben Erscheinungen, wie mit Ruthen und Magnetstäben, auch mit Pendeln in der oben beschriebenen Art erhalten, nur wendet er nicht einen Goldring, sondern einen indifferenten Körper, z. B. einen Gallapfel oder Holzwürfel an; der Faden, an welchem er hängt, wird etwas befeuchtet. Steht man so mit dem Pendel zwischen Daumen und Zeigefinger auf oder über einem Elektricitätserreger oder hält man den Pendel über einen solchen, so entstehen Schwingungen in kleinen Kreisen oder Ellipsen, welche immer größer, weiter, schneller werden, je länger das Experiment dauert.

Die italienischen Gelehrten brachten diese Angelegenheit vollständig mit der Elektricitätslehre in Verbindung und sagten aus: Wenn man zum Pendel eine positiv elektrische Substanz brauche und der zu prüfende Gegenstand sei negativ elektrischer Art, oder umgekehrt, der Pendel negativ und der untergestellte Körper positiv, so fände keine Art von Wirkung statt, sei jedoch beides positiv oder negativ, so entständen (vorausgesetzt daß ein lebendiger Elektrometer den Pendel halte) allezeit Schwingungen; wenn also keine entstehen, so hat nur der Experimentirende Schuld.

So wurden nun die verschiedenen Körper eingetheilt in negative: Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Mangan, Uran, Antimon, Quecksilber, Kalium; in positive: Platin, Zinn, Blei, Wasserblei, Zink, Arsen, Titan, Tellur, Kobalt, Nickel, Wismuth und in indifferente, die reinen Erden. So wurden aber auch die verschiedenen Stellen des menschlichen Körpers untersucht und gefunden, daß diese positiv, jene negativ waren, daß aber zwischen den beiden Geschlechtern die merkwürdige Beziehung stattfinde, daß diejenige Stelle, welche bei dem Manne positiv gefunden werde, bei dem Weibe negativ sei, und umgekehrt die Stelle, welche sich bei dem Weibe positiv erweise, bei dem Manne negativ sei, woraus sich denn der magische Zug der beiden Geschlechter zu einander herschriebe (ungleichnamige Elektricitäten ziehen sich an), daher umgekehrt auch die abstoßende Wirkung, welche man so oft bei Ehegatten bemerke, zu erklären sei. Durch längeres Zusammenleben werden unmerklich die Elektricitäten beider Ehegatten so ausgeglichen, so überein-

stimmend, daß sie gleichnamig sind. Die Einleitung dazu macht der Indifferentismus, die Gleichgültigkeit, die völlige Gleichheit der Elektricitäten hat Abstoßung zur Folge. Demnach ließe sich vielleicht Moralität und Immoralität auch auf Grundsätze der Elektricität zurückführen. Nach Reichenbach's Untersuchungen sind die Lippen negativ, die Zunge negativ; wenn nun der Wein positiv ist, so darf es Niemand wundern, daß es so viele Trinker giebt, diese alle sind dann gewiß auch begabte Media zur Weiterführung dieser Untersuchungen.

Ob dies Alles Täuschung sei.

Streng prüfende Physiker behaupten, daß alle diese Polaritäten Täuschungen und ein absichtlicher oder unabsichtlicher Einfluß des Willens das einzig bewegende Prinzip sei. La Place sagte zwar darüber in seiner „Theorie analytique des probabilités“: „Wir sind so weit davon entfernt, alle Thätigkeiten, alle Kräfte der Natur zu kennen, daß es sehr unwissenschaftlich und unphilosophisch wäre, die Existenz mancher Erscheinungen zu leugnen, einzig weil sie nach dem gegenwärtigen Standpunkt unsers Wissens unerklärlich sind.“ Allein so vorsichtig drückten sich die übrigen Physiker nicht aus und gewiß ist es auch, daß sie sich auf einem ganz eigenthümlichen Standpunkte befinden, sie sollen etwas glauben, was ein Anderer sagt, ohne daß ein anderer Beweis geführt wird als die Versicherung, es sei so wie man gesagt, indeß sie selbst, — die Physiker, die sich ja gerne von einer neuen Naturkraft überzeugen ließen — nichts von der ganzen Angelegenheit empfinden können. Für Einen, der versichert, ein lebendiges Elektrometer zu sein, sind immer Hundert, die es nicht sind, diesen Allen wird der Vorwurf gemacht, sie seien entweder stumpfsinnig oder sie verschlössen ihre Sinne gegen besseres Wissen.

Aber der ehrliche Mann, der in naturwissenschaftlichen Dingen durchaus nicht glauben, sondern untersuchen und sich überzeugen will, muß doch sagen, eine gewisse Berechtigung der Anerkennung haben jene Leute auch, denn es ist ja bekannt, daß selbst die einfachen Sinnesthätigkeiten höchst verschieden sind bei verschiedenen Menschen, wie denn z. B. die Augen nicht nur kurzsichtig oder weitsichtig, sondern auch für die Farbe so verschieden empfänglich sind, daß die Einen jede, auch die leiseste Schattirung einer Farbe wahrnehmen, indeß die Anderen nicht blau von roth zu unterscheiden vermögen.

Wenn nun Jemand, der kurzsichtig ist, auftreten und sagen wollte, da oben giebt es keine Wolken, denn ich sehe sie nicht, dort giebt es keine

Sterne, denn ich nehme sie nicht wahr, nun so könnte man ihm allenfalls eine Brille aufsetzen; wenn aber ein Weitsichtiger dem Kurzsichtigen seine Kurzsichtigkeit bestreiten und ihn versichern wollte, er verstelle sich nur, er habe ja Augen, er müsse eben so gut und so weit sehen als ein Weitsichtiger, die ganze Kurzsichtigkeit sei nur Verstellung, so würde er sich doch lächerlich machen.

Eben so giebt es Personen, welche sehr hohe Töne nicht hören, z. B. von dem Zirpen einer Grille gar keinen Begriff haben; wollte nun Jemand dies bestreiten, da der Andere doch durchaus nicht taub ist, so fein und so leise hört wie er selbst, also auch die hohen Töne hören müsse, so wäre dies durchaus falsch, wenn schon die Thatsache, daß es Personen giebt, welche solche Töne nicht hören, durchaus nicht anders als durch ihre Aussage bewiesen werden kann.

So nun ist es auch mit dieser annahmlich elektrischen Kraft einzelner Personen, Metalle, Steinkohlen, Wasser rc. entdecken zu können. Thatsächlich ist dieses Alles entdeckt; — immer zu behaupten, das sei Zufall, wäre wohl sehr thöricht, zu behaupten die Leute haben vermöge ihrer geologischen Kenntniß, nicht vermöge der Wünschelruthe oder des schwingenden Schwefelkieskrystalls dies gefunden und die Wünschelruthe zum Vorwande genommen, hieße dieselben zu Betrügern stempeln.

Das „Od."

Es verhält sich auch mit dem von Reichenbach in Wien entdeckten „Od" so, einer Kraft, welche er zartnervigen Personen zuschreibt (eine Zartnervigkeit, welche allerdings bis zum Kranksein geht) und welche hauptsächlich darin besteht, auf große Entfernungen und durch mehrere verschlossene Zimmer hindurch Dinge zu erkennen, von deren Anwesenheit sie keine Ahnung haben. Der Vermittler ist ein beliebig langer Draht, dessen eines Ende die sensitive Dame in der Hand hält, indeß die ganze Länge desselben sich durch mehrere Zimmer und Säle hindurch schlingt, bis endlich dem äußersten andern Ende gegenüber die Substanzen gebracht werden, welche die Sensitive erkennen soll.

„Od" nennt Herr von Reichenbach diese Thätigkeit im Allgemeinen, Magnetod wenn sie von einem Magnet, Elektrod wenn sie von der Elektricität ausgeht, Siderod, Lunod, Solod kommen von Sternen, Mond und Sonne rc.

Die Art, wie das Od sich zu erkennen giebt, ist uns gewöhnlichen Menschen schwer zu beschreiben, denn wir haben keinen Sinn dafür; die

den Draht haltende Hand nimmt ein Leuchten des dem anderen Ende des Drahtes gegenüber gehaltenen Körpers wahr, und in diesem Leuchten erkennt die Hand den Gegenstand. Es wäre wunderbar, wenn Reichenbach von allen sensitiven Damen auf gleiche Weise hintergangen worden wäre, aber sehr wunderbar ist doch auch, was er erzählt, wenn er nicht hintergangen ist. Eins und das Andere läßt sich durch erhöhete Sinnesfeinheit erklären, Anderes wieder gar nicht.

In London begräbt man die Leichen auf den sehr beschränkten Kirchhöfen im Mittelpunkte der Stadt. Die Grube wird 40 und mehr Fuß tief gemacht, oben nur leicht bedeckt mit Brettern, bis eine neue Leiche anlangt; und so entsteht ein Leichengeruch so gräßlicher Art nicht nur auf dem Kirchhofe und in der Kirche, sondern in der nächsten Umgebung in allen Häusern dergestalt, daß die Leute selbst, welche dort wohnen, wie wandelnde Leichen riechen und wenn sie in andere Stadttheile gelangen, gemieden werden, da es entsetzlich beschwerlich ist, sich in ihrer Nähe aufzuhalten.

So verpestet sind nicht alle Kirchhöfe, wir wandeln auf den unsern umher, als ob es Gärten wären, manche derselben sind es auch und nichts verräth einem anderen Sinne als dem Auge, welches die Gräber sieht, daß dieser Garten eine Ruhestätte für tausende von Menschen ist. Unsern Sinnen! Sollte es nicht Personen geben, deren Sinne feiner sind als die unsern — wäre es nicht möglich, daß diese durch den Leichengeruch, welchen wir gar nicht wahrnehmen, afficirt würden?

Das Leben ist ein Stoffwechsel; sobald der Tod eintritt, hört der Stoffwechsel auf. Die Stoffe, welche der Tod vorfindet, bleiben, und hiermit tritt die Chemie in ihre Rechte; die Verwandtschaften machen sich geltend, die Stoffe verändern sich, Wasserstoffgas mit Schwefel tritt zu einer höchst übelriechenden Gasart zusammen, u. s. w.; für eine Menge von Stoffen ist das Geruchsorgan das empfindlichste Reagens, es würde den Verfasser daher gar nicht wundern, wenn Jemand die Gasentwickelung des Kirchhofes durch die Nase erkennte. Reichenbach behauptet, an seinen Patienten sehr oft wahrgenommen zu haben, daß sie sich von der Nähe eines Kirchhofes mit Abscheu wegwandten.

Chemische Operationen sind sehr häufig mit Lichtentwickelung verbunden, alle Oxydationsprozesse sind Verbrennungen, aber nicht alle Verbrennungen sehen wir. Ob es nicht Personen giebt, welche die Oxydation des Wasserstoffes sehen, wenn er aus dem Grabe an die atmosphärische Luft steigt, wäre wohl zu fragen. Reichenbach beantwortet die Frage ganz ernsthaft mit Ja! Viele seiner Patientinnen sahen auf den alten Gräbern hohe durchsichtige, schwach leuchtende Flammen, welche, wie Herr v. Rei-

chenbach glaubt, nichts anders sind als die aus dem verwesenden Körper aufsteigenden Dünste, die hier mit der Atmosphäre in Berührung zum schwachen, langsamen Verbrennen kommen, wie ja Phosphorwasserstoffgas mit Flamme und Explosion verbrennt, wenn es plötzlich an die Luft tritt.

Solch Schauen soll die Ursache der Geistererscheinungen sein; die auf den Gräbern wehenden, leuchtenden Gespenster sind nicht die Seelen der Verstorbenen, sondern die gasförmigen Zersetzungsstoffe derselben; der gewöhnlich begabte Mensch sieht sie nicht, der Sensitive sieht sie immer, findet darum nichts Ungewöhnliches, er glaubt, das sehe Jeder, der Kranke aber, zeitweilig sensitiv, sieht sie nicht, so lange er gesund ist, wenn er krank ist, sieht er sie wohl! Dieser sieht Gespenster, die einmal da sind, ein andermal nicht! Dies ist das Auffallende, das Wunderbare, dies ist die Ursache aller der auf dem Kirchhof wankenden Gestalten und der damit verknüpften Mährchen.

Wer kann das nun bestreiten, wer kann es wiederlegen. Es ist rein subjectiv — der Eine behauptet dieses Alles zu sehen und der Andere darf nicht sagen, du lügst, weil du etwas zu sehen vorgiebst, was ich nicht sehe — der Schluß, das „Weil“ ist wirklich unrichtig. Auch findet eine chemische Zersetzung der Leiche statt, diese entwickelt wirklich Gas, welches sich durch den Geruch zu erkennen giebt, es sind also nur Grade von Riechbarkeit; eben so möglich ist die Sichtbarkeit. Schwieriger schon ist es um das Erkennen der verschiedenen Dinge durch den Leitungsdraht, und wenn wir nicht auf den thierischen Magnetismus zurückgehen dürfen, von welchem Herr v. Reichenbach sein „Od“ ganz gesondert wissen will, so stehen wir rathlos da. Der thierische Magnetismus aber bietet diese und andere Erscheinungen dar. Die Magnetisirte und der Magnetiseur sind geistig zu einem Individuum geworden. Die Magnetisirte fühlt, sieht, empfindet an einem entfernten Orte, was der Magnetiseur hier sieht und empfindet, daher bei den Mitteln, welche eine Magnetisirte für sich oder Andere verordnet, auch immer die Ansicht und die Schule des Magnetiseurs zu erkennen ist.

In dieses Gebiet streifen wahrscheinlich auch die Pendel- und Wünschelruthenversuche, sobald sie gelingen und Erfolg haben. Ein siderischer oder magnetischer Einfluß der Dinge auf einander läßt sich nicht leugnen, dies wird aber niemals dahin führen, daß man die Experimente irgendwie nutzbar anwende, denn das wirkliche Vorkommen solcher Pendelbewegungen kann einmal von dem wirklich vorhandenen siderischen Einfluß, ein andermal lediglich von der Vermuthung des Experimentirenden, solch ein Einfluß sei vorhanden, also von den durch seine Gemüthsstimmung angeregten Nerven und Muskeln herrühren.

Nach einer Abhandlung des Herrn Chevreul, im Journal des Savants von 1854 gedruckt, fand dieser ernste Forscher bei seinen von ihm an sich selbst gemachten Beobachtungen Anfangs, — eben weil er die Vorstellung hatte, der Pendel könne sich wohl auf die von Amoretti angegebene Art bewegen, — daß der Pendel sich wirklich so bewege, unwillkürlich und ohne daß er es wußte, hatte sein Arm und seine Hand dem Pendel die vorausgesetzte Bewegung gegeben. Da ihm jedoch sogleich der wahre Grund der Schwingungen des Pendels einleuchtete, so stützte und befestigte er die den Faden haltende Hand dergestalt, daß eine unwillkürliche Bewegung der Hand unmöglich war, daß also die Muskelbewegungen sich dem Faden nicht mittheilen konnten und da blieben denn auch die Bewegungen aus. Ganz dasselbe erfuhr der Verfasser, welcher von den modernen Geistersehern bis zum Ueberdruß mit Fragen und Bitten um Erklärungen überlaufen worden und nicht vornehm genug ist, um die Leute mit dem Humboldt'schen Ausspruch: „Wie kann man nach der Ursache und der Erklärung solchen dummen Zeuges fragen" abzuweisen.

Versuche in Gegenwart des Verfassers.

Ein von der Wahrheit dieser Pendelwahrsagungen durchdrungener Mann von vieler Bildung und einiger oberflächlicher Kenntniß in naturwissenschaftlichen Dingen unterhielt oder langweilte vielmehr den Verfasser mit seinem Ringe entsetzlich: der schwingende Pendel errieth die Zahl der Jahre des Verfassers, weil der Experimentator sie wußte, die Zahl der Knöpfe an seinem Rock, weil er sie sah und vieles Andere, was die Zuhörer und Zuschauer in einiges Erstaunen setzte, wiewohl den Verfasser nicht, weil er die Quelle der Weisheit des Ringpropheten kannte. Der Experimentator aber, sicher gemacht, schlug nun selbst vor, ihm die Hand zu unterstützen und zu befestigen. Als dieses nun auf eine sehr rohe Weise durch über einander gelegte Bücher und ein Lineal solchergestalt geschehen war, daß der Arm, die Hand und die haltenden Finger auflagen, so war nicht nur vom Errathen durch die Pendelschwingungen, sondern überhaupt auch von diesen Schwingungen nicht mehr die Rede und ganz ähnliche Erfahrungen wie diese hat der Verfasser hundertfältig gemacht. Ein Experiment sollte allen denen die sich damit abgaben, immer gelungen sein, den Ring über der ausgestreckten flachen Hand eines Andern so schwingen zu lassen, wie dieser Andere wollte. Bei dem Verfasser wollte dies selten gelingen, im Gegentheile mißlang es so häufig, daß es als ein Beweis für die Nichtexistenz dieser Wunderkraft angesehen werden konnte. Der Fragende legt seine

Hand flach auf den Tisch; der Gefragte hält den Ring am Faden schwebend (der Ellenbogen ist aufgestützt), so daß er etwa 1 Zoll weit von der Hand des Fragenden entfernt ist. Nun denkt der Letztere sich, indem er seine Aufmerksamkeit und seinen Blick fest auf den Ring richtet, daß der Ring rechts oder links herum, in einem Kreise oder in einer Ellipse, geradeaus oder querüber schwingen soll und diesem Gedanken soll der Ring in seiner Pendelbewegung folgen.

Der Verfasser schrieb nun sechs Bewegungen, die der Ring nach einander machen sollte, auf und ließ dann das Experiment an sich machen. Da es niemals gelang und das vorher Geschriebene doch nicht bestritten werden konnte, sagte der Experimentator: „Sie haben wohl dies hier aufgeschrieben, aber Sie haben nicht dieselben Gedanken gehabt, als Sie auf den Ring sahen.“

So ging es fast immer und die wenigen Ausnahmen, in denen ein Resultat sich zeigte, wie es der Experimentirende verlangte, konnten als spärliche Ausnahmen, nicht als maßgebend betrachtet werden. Damit jedoch will der Verfasser nicht sagen, was Chevreul ganz fest behauptet, daß an der ganzen Kunst nichts Reelles sei oder daß Alles Täuschung mit oder ohne Absicht sei; im Gegentheil kann es sehr wohl Menschen geben, welche eine sehr ausgedehnte Wirkung auf die Ferne haben und eben so von einer viel größeren Ferne Wirkungen empfangen und wahrnehmen, als wir anderen, minder begünstigten Sterblichen. Ja solches unbewußte Schauen in die Ferne mag Denjenigen, der es besaß, ohne es zu ahnen, als er es zuerst an sich selbst wahrnahm, in einem nicht geringen Grade überrascht haben, wie Personen nicht wenig überrascht sind, wenn sie mit einem Male heilmagnetische Kraft in sich wahrnehmen. Es giebt ohne Zweifel Erscheinungen wie die gedachten, aber sie sind höchst selten. Wo sie sich also zeigen, prüfe man durch ernsthaft und ruhig angestellte Versuche die wunderbar begabten Wahrsager; man wird in der Regel finden, daß der Wille, die Phantasie, der vorgefaßte Gedanke des Experimentirenden dabei die Hauptrolle spielt. Allein man glaube deshalb nicht, daß es unmöglich sei, daß es sensible Personen gäbe, zarter besaitete Instrumente als wir; sie sind ohne Zweifel vorhanden und dann sind alle die gedachten Sachen nur Spielereien, ihr Schauen in die Ferne, ihr Blick ist tiefer als wir uns vorstellen; allein dergleichen Individuen laufen nicht dutzend- und hundertweise umher, wie man sie jetzt in jeder großen Stadt findet, noch weniger lassen sie sich durch Taschenspieler zu öffentlicher Schaustellung brauchen.

Diese weissagenden Pythien antworten immer nach Verabredung mit dem Fragenden und es ist dabei nur das Gedächtniß der beiden handelnden

Personen zu bewundern, welche sich die bestimmten Antworten auf hundert und auf vielleicht tausend Fragen so eingeprägt haben, daß sie nicht fehlen.

Es ist höchst einfach, die Zahlen, die ein Würfel giebt, durch Verabredung anzudeuten. Was habe ich für eine Zahl geworfen? bedeutet 1. Was für eine Zahl habe ich? bedeutet 2. Welche Zahl habe ich? bedeutet 3. Was habe ich jetzt? 4. Sagen Sie, was jetzt? 5. Welche Zahl? 6.

Selbstverständlich kann auch die Reihe gerade umgekehrt oder sonst beliebig modificirt sein, dies aber wird man sehr schnell heraus haben (wenn man sich nicht selbst täuschen will), daß — gesetzt die eben angegebene Frageart sei die zwischen dem Taschenspieler und der hellsehenden Dame verabredete — auf die Frage, welche Zahl habe ich? gewiß die Antwort „drei" kommen wird. Man darf den Fragenden nur controlliren und sich seine Fragen genau merken, man wird sehr bald darauf kommen, daß dieselben sich in einem kleinen Kreise umher drehen und dennoch nicht gleich bleiben. Warum fragt er denn nicht allemal unveränderlich „welche Zahl?" und warum muß er fragen, warum muß er die geworfene Zahl sehen?

Hier machen die Gläubigen den Einwurf: „weil die magnetisirte Dame mit dem Fragenden in Rapport steht und natürlich nur sieht, was er sieht". Dies ist sehr wahr, dann aber wäre sein Wille genug, um sie zur Antwort zu bewegen; es bedürfte keiner lauten Frage und keiner in jedem Augenblick verschieden gestellten Frage. Ueberaus schön hat (wenn schon in einem Roman) D u m a s dies r i c h t i g e V e r h ä l t n i ß zwischen Magnetiseur und Magnetisirter aufgefaßt in Balsamo, Memoiren eines Arztes. Die stolze Italienerin, welche Balsamo haßt, so lange sie wacht, und ihn liebt, so lange sie im magnetischen Schlafe ist, will in wachendem Zustande sein Treiben dem Polizeipräsidenten von Paris verrathen. Durch eine andere Somnambule erfährt er dies und eilt auf seinem pfeilschnellen Araber von Versailles nach Paris zurück, um wo möglich dem Verrath zuvor zu kommen. Er spricht dem schönen Pferde zu: „Nur diesmal halte aus, mein Djerid, halte aus, es hängt mein ganzes Wohl, es hängt viel mehr als dies davon ab!" Plötzlich hält er das Thier am Zügel fest — was ist die Schnelligkeit dieses Pfeiles gegen die Schnelligkeit des Gedankens — u n d e r w i l l, d a ß d i e g e l i e b t e V e r r ä t h e r i n s c h l a f e; indem dieselbe dem strengen Beamten Balsamo's Treiben zu offenbaren im Begriffe steht, erreicht sie der Wille ihres Beherrschers und sie versinkt in den magnetischen Schlaf, in welchem, als nun Balsamo in Ruhe seinen Weg vollendet, er sie noch findet und von dem gestrengen Richter als eine in halbem Wahnsinn entflohene Kranke zurückfordert.

Solche magnetische Kraft existirt; diese jedoch übt der Taschenspieler

nicht aus, wenn schon, was er mit den producirten Individuen leistet, von einer anderen Seite her bewunderungswürdig ist, nämlich von der, daß er sowohl als sein Subject eine Sicherheit in dem auswendig Gelernten haben, wie nie ein Schauspieler oder Deklamator sie haben wird oder gehabt hat. Darin liegt auch Etwas, nur kein thierischer Magnetismus.

Das Tischrücken.

Es giebt Geistesepidemien, wie es materielle oder körperliche giebt; solche waren die unsinnigen Geißelungen der sogenannten Geißelbrüder, die sich selbst angethanenen Martern der Kreuzesbrüder, solche war die Sucht Gold zu machen, den Stein der Weisen, die Universalmedicin zu finden, Thorheiten, welche recht eigentlich ansteckend waren (oder sind, denn es steht uns Niemand dafür, daß sie nicht jeden Augenblick wiederkehren und uns mit in den Strudel reißen) und welche nur in anderen Formen immer wiederkehren, wie die neueste Zeit ein höchst trauriges Beispiel davon in dem sogenannten Tischrücken gegeben hat.

Die Epidemien, auch die geistigen, rücken gewöhnlich von Osten nach Westen — diese absurde Tischrückerei kam den umgekehrten Weg von Westen nach Osten, von Amerika nach Europa.

Auf etwas confuse und mystische Beschreibungen einer neuen Wunderkraft, welche nordamerikanische Zeitungen enthielten, wurden im ersten Viertel des Jahres 1853 zu Bremen Versuche mit dem Tischrücken gemacht. Dr. Carl Andrée berichtet darüber in der Allgemeinen Zeitung Folgendes: „Um einen etwa 60 Pfund schweren Tisch hatten acht Personen eine Kette geschlossen (durch Auflegen der Hände, so daß überall die Daumen und die kleinen Finger der acht Personen sich berührten), von denen jedoch eine wegen der zu heftig auf sie wirkenden Nervenströmung bald ausscheiden mußte. Die sieben übrigen Personen hatten über eine halbe Stunde am Tische ausgehalten. Während eben ein bejahrter Herr dem Dr. Andrée, einem als Publicisten wohlbekannten und durch seine Schriften über commercielle und sociale Fragen berühmten Mann, auseinandersetzt, wie zu so vielen Thorheiten des Menschengeschlechtes nun noch eine neue komme, schrieen die Damen am Tische auf und alle sieben rufen wie mit einem Munde: „Er geht, er geht, er bewegt sich!" und so war es auch. Erst fängt die Platte an sich langsam hin und her zu neigen, auf und ab, dann beginnt der Tisch selbst zu rücken.

Die Umstehenden ziehen den Sieben, welche die Kette geschlossen halten mußten, die Stühle weg und nun läuft der Tisch, welchen vierzehn Hände

lose berührt halten, sich nach Norden fortrückend und zugleich um sich selbst kreisend, reichlich vier Minuten so rasch umher, daß die Kette ihm kaum folgen kann."

Die Notiz stand am 4. April 1853 in der Allgemeinen Zeitung, sie war der Funke, welcher das große Tableau eines Feuerwerks entzündete. Als ob Lauffeuer und Schlagröhren nach allen Städten von ganz Europa gezogen wären, so schlug der Blitz des Unsinns überall ein und überall wiederholte sich die erste von Dr. Andrée beschriebene Scene. Personen wie Professor Mohl in Heidelberg und andere nicht minder berühmte Männer beschäftigten sich damit und Alle erklärten die Sache für ein unabweisbares Factum. Flugschriften so wie dicke Bücher erschienen in großer Menge, denen das dickleibigste und confuseste Buch des Magnetiseurs Grafen Szapary über das Tischrücken die Krone aufzusetzen schien, bis es einem Professor der unentdeckten Wissenschaften in Frankreich gelang, auch hierüber ein noch unsinnigeres Werk zu schreiben: „Les sciences occultes au 19me siècle."

Auch der Dr. Ennemoser in München legte sehr ernsthaft seine Lanze für die Sache ein und wird in seinem Eifer fast drollig. Er sagt: „Dieses plötzlich auftauchende Tischrücken ist jedenfalls eine fatale Erscheinung; es hat den Sinn und den gewohnten Gedankengang des alltäglichen Geschäftslebens von Millionen Menschen verrückt und auf Dinge aufmerksam gemacht, von denen man nicht einmal geträumt hat. Uns (Ennemoser und die Magnetiseurs) kommt es wie gerufen, denn nun hat das Tischrücken den Magnetismus und die damit gegebenen Erscheinungen auf einmal nicht nur als möglich, sondern durch eine allgemein darauf hingelenkte Aufmerksamkeit begreiflich und unabweisbar nachgewiesen, was durch alle Mühe und die treueste Versicherung unpartheiisch, von wahrheitsliebenden und menschenfreundlichen Beobachtern seit Mesmer in 80 Jahren nicht möglich geworden ist."

Wenn der thierische Magnetismus erst durch das Tischrücken bewiesen werden soll, so steht sein Leben und Dasein auf jämmerlich schwachen Füßen und es wäre dann nur zu verwundern, daß er seine Existenz noch so überaus lange gefristet. Es sind, dem Himmel sei Dank, für das Vorhandensein dieser Kraft Thatsachen vorhanden, welche ein anderes Gewicht haben als die Tischrückerei mit ihrem ganzen daran hängenden amerikanischen Unsinn.

Der von dem neuen Prophetenwesen entzückte Ennemoser fährt fort: „Sehr fatal ist hingegen das Tischrücken den sogenannten starren Naturforschern (die Hegelianer würden, wenn es deren noch jugendlich kühne gäbe, gesagt haben: „„zunftmäßige, schustermäßige Physiker"") in den Weg ge-

treten; diese erklärten nämlich gleich Anfangs dasselbe, wie den Mesmerismus, für Humbug, alberne Erfindung, Betrug, Einbildung, Selbsttäuschung, Unfug und was dergleichen schöne Hauptwörter und Ehrentitel noch mehr sind."

„Doch die Tische rücken und das Publikum rückt sich nicht, trotz der sachverständigen Fachmänner und fährt unterdeß fort, sich an dem Tanz der Tische, wie an der Weisheit der Gelehrten zu erlustigen und zwar eifrig und in solcher Ausdehnung, daß diese gar nicht mehr ausweichen konnten und zum Stillstehen gebracht wurden, während ihnen die Tische auf den Leib rückten."

Mit großer Bitterkeit sagt der gedachte Arzt: „Wer wird noch den Muth haben, gegen die Ansicht der Fachgelehrten aufzutreten, wenn in der rechtgläubigen Augsburger Postzeitung ein grundgelehrter Kenner der Natur sagt: „„Dieses Tanzen des Tisches gehört nicht zum physiologischen Prozeß, sondern ganz und gar zum mechanischen des Schiebens, und ein jeder Physiker wird sich zeitlebens blamiren, wenn er nur ein Minimum der Bewegung auf Rechnung eines einströmenden elektrischen oder magnetischen Fluidums setzt!""

Es ist dieses mit salomonischer Weisheit gesagt, und es ist schwer zu fassen, wie der Münchener Arzt nicht den grellen Widerspruch, in den er sich begiebt, gefühlt hat, als er von einem Bekannten „ein recht empfindliches Elektrometer" leihen wollte, um die Elektricität des Tisches und der Personen während des Rückens zu untersuchen. Wäre dabei die Elektricität im Spiele und zwar eine solche, wie sie nöthig, um einen einen halben Centner schweren Tisch tanzen zu lassen, so wäre es die Elektricität des Blitzes, welche Eichen spaltet und solche untersucht man nicht mit Elektrometern. Ennemoser hat aber diesen Widerspruch nicht gefühlt, sondern fährt in seinem Zorn fort: „So schreibt der große, alte Humboldt an den Mechaniker F. Schlegel in Altenburg: Ich sage Ihnen meinen freundlichen Dank für die Veröffentlichung einer sehr einfachen, mechanischen und unmystischen Erklärung der sich bewegenden Tische. Es giebt Glaubenskrankheiten, die periodisch wiederkehren und bei den Halbwissern eine dogmatische Form und Arroganz annehmen, und bei der gebildeten Klasse endemischer sind als bei der niedrigsten, ich will mich in meinem Alter nicht mehr damit beschäftigen."

„Wie wollt ihr auch — ward altersgrau der Rabe,
Daß er wie Lerchen sich am Flattern erlabe!"

„Gegen solche Wahrheiten läßt sich vernünftiger Weise gewiß nichts einwenden, denn einfacher und unmystischer kann es in der Welt keine Er-

klärung geben, als die mechanische. Auch giebt es allerlei periodisch wiederkehrende Krankheiten und solche, die endemisch an gewissen Orten und vorzüglich bei gewissen Klassen hervortreten und sonderbarer Weise gerade die Gebildeten oft häufiger treffen. Es giebt aber auch fixe-chronische Krankheiten, z. B. Kopfeingenommenheit, Halsstarre und Krankheiten der Altersschwäche, an denen gerade die Gelehrten so häufig zu leiden das Unglück haben."

Man sieht, Humboldt ist völlig ad absurdum geführt, er hat im Gefühl seiner Schwäche auch gar nicht geantwortet auf diese ihn vernichtende, ja man möchte sagen, seine ganze große Existenz und Wirksamkeit in Zweifel stellende Philippica!

Ennemoser ist todt! würde er jetzt, im Jahre 1856, wo der Schwindel, dem Himmel sei Dank, vorüber ist, noch leben, so würde er, zu seiner Ehre wollen wir es hoffen, dieses tolle Zeug, welches er im Jahre 1853 drucken ließ, wahrscheinlich nicht der Oeffentlichkeit übergeben, damals aber war er von der elektrischen und magnetischen Grundwirkung bei dem Tischrücken so vollkommen überzeugt, wie nur Jemand, der gar nichts von der Sache versteht, irgend sein kann, denn er verlangt einen trocknen Tisch, ein trocknes Zimmer, eine gemäßigte Wärme, trocknes Wetter und um der besseren Leitung willen sollen die einen Kreis um den Tisch bildenden Personen ihre Fingerspitzen mit Kochsalzlösung oder chromsaurem Kali befeuchten, — die Bewegung des Tisches ist immer nach Norden gerichtet, manchmal aber auch nach andern Weltgegenden — manchmal wo anders hin, immer aber nach Norden.

„Das Rücken des Tisches kündigt sich allgemein und mehr oder weniger fühlbar einem Jeden an, durch eine Art inwendiger wellenartiger Bewegung, im Holze, gleichsam als hebe sich das Tischblatt in die Höhe. Er fängt an zu knarren, zuweilen zu krachen, zu beben und zu zittern, dann hebt er einerseits einen Fuß und senkt auf der entgegengesetzten Seite das Blatt etwas" (höchst merkwürdig) „oder er fängt gleich an, sich im Kreise zu drehen. Ist die Tischplatte angeschraubt, so löst sie sich ab und steigt im Drehen in die Höhe, schraubt sich aber auch oft wieder an ohne abzufallen. Es giebt Beispiele von so heftigem Krachen, daß Tische gesprungen und sogar in Splitter zerbrochen sind. Die Bewegungen im Kreise" (nach Norden) „und mit den Füßen, die abwechselnd und zum Fortschreiten sich wieder senken" (man sollte meinen, Ennemoser habe die Gelenke, Bänder und Sehnen derselben untersucht) „und dann das taktmäßige Klopfen mit sich bringen, haben eine verschiedene Geschwindigkeit, sie nimmt mit der Dauer bei geschlossener Kette zu und wird zuweilen so geschwind, daß der

Tisch zu entfliehen scheint. Es giebt Beispiele, daß die Zuneigung des Tisches vorzüglich nach einer Person hin, z. B. zu einer nervösen Frau gerichtet ist und er folgt ihr, wenn sie in der Kette den entgegengesetzten Standpunkt einnimmt, ja es sind Beispiele bekannt, daß der Tisch einer aus dem Kreise ausgetretenen Dame überall hin nachfolgte, daß er also förmlich von ihr angezogen wurde." Ich hätte mich vor solchem Ungeheuer todt gefürchtet.

„Es giebt Personen, besonders junge Mädchen, die eine so starke Kraft besitzen, Gegenstände in Bewegung zu setzen, daß dieselben der Reihe nach im Zimmer Tische, Stühle, Komoden in Kürze zum Tanzen brachten, wie dies hier (München) in einem höheren Hause beobachtet wurde, wo sogar der in Bewegung begriffene Tisch einen anderen mit sich zog.

„Die vom Fürsten Pückler Muskau in Smyrna vor 20 Jahren gemachte Beobachtung (Allgem. Ztg. v. 20. April 1853 nacherzählt) berichtet von zwei Mädchen, die dort das allgemeine Tagesgespräch dadurch beschäftigten, daß sie nach kurzer Berührung eines Tisches an demselben alle die angeführten Erscheinungen, nur in einem viel höheren Grade hervorbrachten, wobei auch, wie beim Tischrücken, die Dunkelheit die Bewegungen beschleunigte, der Andrang von aufmerksamen Menschen in der Nähe sie schwächte. Als besonders auffallend erschien es, daß, als einmal die Jüngere und Kräftigere ein Glas Limonade trank, der Tisch, wie von gleicher Freude beseelt, einen förmlichen Satz machte,*) dann aber eine geraume Zeit, wie erschöpft, sich nicht mehr bewegte, was Alles in Elektricität und Magnetismus überzugreifen scheint! Das Geräusch bei den Tischbewegungen während des ganzen Abends steigerte sich bisweilen bis zu einer starken Explosion. Dieselben Mädchen wurden einmal dazu veranlaßt, in einer ganz dunklen Stube gegen eine verschlossene Thüre zu operiren. Dies hat nach kurzer Zeit einen so unerwarteten Erfolg gehabt, daß das Knarren im Holze so laut wie in Pistolenschüsse überging, einige Minuten später aber die Füllung der Thüre, auf der die Hände gelegen, mit Gekrach zerbrach und wie von einem gewaltsamen Fußtritt in die Nebenstube geschleudert worden ist."

Herr Fürst Pückler v. Muskau hat uns allerdings sehr viel Interessantes über seine Reisen im Orient und Occident erzählt, ob es jedoch immer zu Beweisen wissenschaftlicher Probleme dienlich, ist schon wiederholt bezweifelt worden. Ennemoser aber nimmt das Alles so sicher als wahr und unzweifelhaft auf, daß er diese noch gänzlich unbewiesenen Nachrichten

*) Ennemoser, der Magnetismus im Verhältniß zur Natur und Religion. 2. Aufl. 1853.

als Beweise aufführt und hinzufügt: „was bisher über die Mechanik des Tischrückens gesagt worden, das hat die obige Thatsache unwissentlich nicht berührt oder absichtlich ignorirt und ist noch überdies seicht, gezwungen und albern.“

Wenn nun Männer wie Ennemoser, von denen wenigstens die Absicht, sich täuschen zu lassen und Andere zu täuschen, nicht vorliegt, auf dergleichen Dinge so geradezu eingehen, so unbedingt daran glauben, so ist es nicht zu verwundern, daß tausend andere, weniger wissenschaftliche Menschen noch viel leichter von dem wunderbar scheinenden hingerissen wurden, und das geschah denn auch in einem hohen Grade. Allerdings haben die gelehrten Physiker, die Professoren an Universitäten, sehr an diesem Unheil Schuld, denn sie verschmäheten es, sich damit zu befassen und das Publikum, welches sich ja gern belehren lassen wollte, aufzuklären; sie hätten, statt mit vornehmem, kaltem Lächeln auf das alberne Treiben und auf das stolze Berlin — welches sich noch niemals so gründlich blamirt hatte als hier — herabzuschauen, die Thatsachen von dem amerikanischen Schwindel sondern, und die einfachen und natürlichen Erklärungen eines durch geistige (psychisch magnetische) Uebereinstimmung bewirkten, gleichmäßigen, mechanischen Schiebens geben sollen und wahrscheinlich wäre es nicht bis zu solchen Thorheiten gekommen. Der Verfasser glaubt hierfür eine Menge Belege aus seiner Erfahrung anführen zu können, von denen nur einer hier Platz finden möge.

In dem Hause eines unserer gelehrtesten Aerzte, mit welchem ich über diesen Gegenstand gesprochen, ward von einigen Damen der Versuch des Tischrückens gemacht, es waren ihrer fünf, der runde Tisch für diese Zahl zu groß, es wurden also die beiden Dienstmädchen, junge, sehr kräftige Personen, erst kürzlich aus Pommern nach Berlin gekommen, herein gerufen, und ohne daß sie wußten, was geschehen sollte, an den Tisch gesetzt. Es dauerte eine lange Zeit, ehe sich irgend etwas begab, der Arzt, mein alter Universitätsfreund, kam am andern Tage zu mir und sagte: die mir von dir gegebene Erklärung scheint doch nicht richtig zu sein, denke dir, es sitzen die sieben Personen am Tische wohl eine Stunde, ehe sich das Mindeste begiebt, ein gelegentlicher Ruck, den eine oder die andere der zwei sehr alten Damen, die neben einander saßen, empfand, war Alles. Ich dachte an deinen Unglauben, aber doch auch zugleich, ob nicht gerade das Alter der beiden Damen hindernd in den Weg trete, und wollte schon diese Bemerkung laut werden lassen, als nach Ablauf von fünf Viertelstunden plötzlich die eine Seite des Tisches, und zwar gerade diejenige, wo die beiden alten Damen neben einander saßen, sich hebt, so daß die Kette getrennt wurde, worauf natürlich der Tisch sich wieder senkte.

Sieh! daß es gerade da geschah, wo die alten Damen saßen, das setzt mich so in Erstaunen; wäre es auf der entgegengesetzten Seite geschehen, wo die beiden rüstigen, jungen Landmädchen saßen, so würde ich weniger verwundert sein, aber —"

Nun denn, so unterbrach ich meinen Freund — die Erklärung dieses in der That höchst wunderbaren Phänomens scheint doch so ferne nicht zu liegen — die beiden Landmädchen sind nach fünfviertelstündiger Sitzung vor Langerweile eingeschlafen, und ihre Hände haben den Tisch um ein beträchtliches stärker gedrückt, als die der übrigen Personen, namentlich als die der alten Damen.

Beim Himmel, ja, so ist es, rief der Arzt, es fällt mir wie Schuppen von den Augen; ja, ich habe mehrmals die beiden Mädchen nicken gesehen und dabei rückte der Tisch immer etwas, bis jener große Moment eintrat, der uns Alle so in Staunen und Entsetzen brachte. — Ich danke meinem Schöpfer, daß ich das dumme Zeug hinter mir habe!

Wäre der Mann, in dessen Hause dies geschah, nicht so vorurtheilsfrei gewesen, so ging die Nachricht von einem neuen Wunder durch die Zeitungen in alle Welt. Viele Menschen beabsichtigen sich täuschen zu lassen und es ist ihnen nicht wohl, wenn sie die Wahrheit erfahren, darum verschmähen sie dieselbe und weisen sie von sich, sie glauben an das Unnatürliche lieber, als sie das Faßliche begreifen, sie incomodiren Gott mit dem Ansinnen, den Gang der Natur, die ewige Sicherheit ihrer Gesetze, das Fortwirken ihrer Kräfte zu ihrem Zeitvertreib aufzuheben, die Steine in die Höhe fallen zu lassen, der Luft ihre Schwere zu nehmen, den Lauf der Flüsse umzukehren, kurz Wunder zu verrichten (denn Wunder sind ja nichts anderes, als Verkehrungen der Naturgesetze — über etwas Natürliches wundert sich kein Mensch) und sind höchst unzufrieden, wenn man ihnen begreiflich zu machen sucht, daß es keine Wunder giebt.

Diese Wundersucht hat denn auch dem sogenannten Geisterklopfen, in Verbindung mit der Tischrückerei, eine fabelhafte Ausdehnung und Verbreitung gegeben, und damit ein Nachfolger Ennemoser's nicht in einen ähnlichen gerechten Zorn verfällt wie dieser, so will der Verfasser auch über das Geisterklopfen noch das Nöthige beibringen.

Ennemoser ruft mit Hamlet aus, daß es offenbar im Himmel und auf Erden Dinge giebt, von denen sich unsere gewöhnliche Schulweisheit nichts träumen läßt. „Die Wände und Mauern sprechen, ja Tische und Stühle reden, wo die hohen Würdentreter der Wissenschaften schweigen und sich in ihren Nimbus hüllend, ihre tiefe Weisheit durch Ignoriren zeigen wollen, wie z. B. ein Herr Aragon in der Allgemeinen Zeitung von dem

Capo der Naturwissenschaften, Arago, erzählt, daß er auf dergleichen Fragen mit vollkommenem Stillschweigen antworte:

Einer kam, daß er was von ihm lerne
Zu Guschiar dem Weisen, aus der Ferne.
Allein der Weise wies den Gecken fort
Und lehrte ihn, so sehr er bat, kein Wort.
Saadi.

„Wer im hohen Alter auf wohlverdienten Lorbeeren ruht, der mag sich zurückziehen, und Niemand wird es ihm verargen, wenn er Dinge von sich weiset, die nicht in sein so schön geordnetes Repositorium passen. Herr v. Humboldt mag das Tischrücken zu den periodischen Albernheiten der Zeit rechnen und die neue Arbeit und Ehre anderen Kräften zuweisen, wenn er aber dabei doch seine Freude über die einfache, unmystische und mechanische Erklärung dieser „dogmatischen Volksphysik" ausdrückt (was bisher meines Wissens nicht widersprochen wurde), so hat er sich damit noch vor seiner glorificirten Seeligkeit treuherzig selbst das Testimonium paupertatis ausgestellt.

Besser leblos sein
Als lange leben, doch der Schuld allein,
Und besser zeitlich schließen seinen Laden
Als spät an Zins und Kapital sich schaden."

Geschieht dieses an dem Aristoteles Preußens, an dem Nestor unter den Gelehrten! was hat dann ein anderer Mann zu erwarten, der sich gern bescheidet zu sagen, daß er unwerth sei, seinen Namen neben diesen Größen nennen zu hören; darum, so schwer es einem vernünftigen Menschen auch werden muß, darüber etwas anderes als eine Satyre zu schreiben, darum frisch an's Werk:

Bevor der Spuk des Tischrückens, von Amerika ausgegangen, in Europa landete, war das Geisterklopfen bereits in der Geburtsstätte dieses ganzen Schwindels weit ausgebreitet und sehr ausgebildet. Die Ausführung geschah gewöhnlich so, daß wie beim Tischrücken sich eine Gesellschaft um den Tisch reihete, die Hände auf die Platte legte und nun abwartete, bis der Geist über sie komme, d. h. bis die Tischplatte knarrte oder sich bewegte. Dann wurden Fragen an den Geist gestellt, welche mit Ja oder Nein beantwortet wurden, indem der Tisch einen Fuß aufhob und damit klopfte, oder dieses nicht that, was dann als Nein galt.

Ist der Gedanke an sich schon sehr komisch, daß der Tisch einen Fuß aufheben soll, wie ein abgerichtetes Kunstreiterpferd, indeß doch nur die Tischplatte niedergedrückt, und dadurch der Tisch gekippt wird, also natürlich

ein Fuß (man wählte immer dreifüßige Tische dazu) in die Höhe steigt — so ist die Annahme, daß er dadurch wahrsagen könne, völlig possierlich, man sollte glauben für ein Kind nicht einmal genügend. Allein man ging noch weiter, man war nicht zufrieden mit dem bloßen Ja oder Nein, man wollte in Worten Antwort haben, und so mußte sich der Tisch denn entschließen, sein Bein öfter in die Höhe zu heben, und Worte zu buchstabiren dadurch, daß er die Buchstaben durch die Stelle angab, welche sie im Alphabet haben. So würde A durch 1, B durch 2, C durch 3, E durch 5, R durch 17, und N durch 13 angezeigt werden.

Es entstanden nun nach dieser geistreichen Erfindung in Nordamerika unzählige Vereine zur Ausbildung derselben; es zählte im März des Jahres 1848 allein die Stadt Philadelphia über 300 Kreise, welche sich mit Wahrsagen abgaben. Jeder dieser Zirkel hatte sein Medium, sein, von den Schicksalsmächten begabtes, meistens weibliches Wesen, welches der Vermittler zwischen der Körper- und Geisterwelt war, und auf Inspiration aus dieser letzteren wahrsagte.

Der Ursprung des ganzen Unwesens ist durch Austin Flirrt, Professor der Medizin in Louisville (Hauptstadt der Grafschaft Jefferson im Staate Kentucki), auf ein Haus in Hydesville im Staate New-York, bewohnt von zwei Misses Fox, zurückgeführt. Diese Damen hatten die Geschicklichkeit, durch Schnellen des großen Zehen vom nächsten gegen den Fußboden klopfende Töne hervorzubringen (ganz so wie man es mit dem Mittelfinger der Hand beim Schnippchenschlagen macht), ohne daß man es sehen konnte, da sie es innerhalb ihrer, etwas weitläuftigen Schuhe thaten, grade wie es in Wagners Gespensterbuch die muthwillige Schwester des Barbiers vermochte (die Geschichte ist demnach wenigstens 80 Jahre alt, und nur im Jahre 1847 von Fräulein Fox neu aufgelegt worden).

Einem andern Arzte, Herrn Reyer, wurden zwei andere Frauen bekannt, welche ganz dasselbe mit auf dem Boden stehenden Fuße ausführten, das Erstaunen, in welches diese (in ihrer Ursache geheim gehaltene) Geschicklichkeit die Nachbarn versetzte, war es, welche die Anfangs nur aus Schäkerei vorgenommene Muskelübung begünstigte, und dann in einen Geisterspuk verwandelte, von einer Ausdehnung, von welcher man hier gar keinen Begriff hat, denn es haben sich im Jahre 1848 eben 300,000 Medien im Osten der vereinigten Staaten befunden. Die Sache artete zuletzt in eine gemeine Geldschneiderei aus, indem einzelne Media gegen Erlegung von einigen Dollars wahrsagten.

Die Presse in Nordamerika ist das zügelloseste Spionirwesen, auf die großartigste Weise organisirt; jedes Mittel der Bestechung wird von den

Redacteuren angewendet, um die Bedienten und die Kammermädchen, die Friseurs und die Näherinnen zum Verrath aller, auch der kleinlichsten und unbedeutendsten Familiengeheimnisse zu veranlassen. Auf diesem Wege und aus diesen Quellen empfing nun jedes Medium einen tiefen Blick in das Innere jedes beliebigen Hauses; wie die Demoiselle Lenormand den Fragenden für zwei oder sechs oder zehn Napoleons mehr oder minder großen Unsinn vorschwatzte, gespickt mit den Notizen, welche sie im Lauf der Woche, welche jederzeit einer gewünschten Sitzung vorher ging, von Garçons und Huissiers erhielt,*) so sagten auch die Media in Amerika in prophetischer Begeisterung das tollste Zeug wahr, welches auf das Ernsthafteste geglaubt wurde, weil der Geist, der aus der Seherin sprach, ja wußte, daß Madame so und so gestern des Balles wegen einige Kleidungsstücke ihres Mannes in das Leihhaus geschickt, oder daß große Unannehmlichkeiten vorgekommen waren, weil der junge Herr des Vaters goldne Uhr verkauft, um seine Freunde mit Perigord-Trüffeln in Burgunder gekocht tractiren zu können.

Wie aller Unsinn ansteckend ist, so ging in rasender Schnelle auch dieser weiter und immer weiter, bis seine Wellen am Gestade von England und Frankreich anprallten, und auch dort den Leuten die Köpfe verdreht wurden, dergestalt, daß in London sogar öffentliche Ankündigungen über die Sitzungen erschienen. Z. B.

„Mrs. W. R. Hayden, Medium. Queen Anna Street Nr. 22. Cavendish Square, zu Hause von 12 bis 3 Uhr und von 4 bis 6 Uhr, beehrt sich dem hohen Adel und dem geehrten Publikum anzuzeigen, daß sie mit ihren Séances in den angegebenen Stunden fortfahren wird, denen zu dienen, welche diese merkwürdigen und schönen Erscheinungen zu untersuchen geneigt sind. Der Eintrittspreis beträgt eine Guinee, besondere Fragen werden gegen Verdoppelung dieses Honorars speciell unter geheimnißvollen Aufschlüssen beantwortet." Eine Sitzung dieser Art, mit allen ihren Albernheiten, ist gläubig wiedergegeben in der Allgemeinen Zeitung vom 26. September 1852 unter dem Titel: „Ein Besuch bei den Geisterklopfern jenseits des Oceans."

Im Jahre 1853 traten in Berlin gleichzeitig zwei Männer, um die Wissenschaft des Geisterklopfens hoch verdient, mit einer wunderbaren Erfindung auf, welche sie sich gegenseitig streitig machten. Die Nachwelt

---

*) Unter dem Vorwande eines zu großen Andranges ward jede Person, welche sich zum Wahrsagen meldete, nach Erfragung des Namens und der Wohnung, auf den sechsten, siebenten Tag, als den ersten wo noch eine Abendstunde frei sei, bestellt, und diese Frist zur Einholung der nöthigen Nachrichten benutzt.

wird entscheiden, wer der Erste gewesen, ob der Erfinder des Psychographen, oder der des Emanulektors!

Der Emanulektor ist ein auf Rollen ruhendes Brettchen, auf dessen vorderem Ende ein für sich beweglicher Zeiger steht. Unter der Spitze desselben liegt auf dem Tische, auf welchem dies Wunder der Erfindung angeschraubt ist, ein gedrucktes Alphabet, auf demselben werden durch die Hand des begeisterten Mediums die Buchstaben gezeigt, welche die Antwort auf eine vorgelegte Frage bilden.

Der Psychograph ist ein grob gearbeiteter Storchschnabel (Zeicheninstrument), dessen äußerstes Ende (welches auf der großen Zeichnung herumgeführt wird, um an dem innersten Theile desselben eine verkleinerte Parallelcopie zu erhalten) einen hölzernen Teller trägt, auf dem die Hand des Mediums ruht. Unter dem Stift, der verkleinern soll, liegt auch hier ein Alphabet.

Das Medium, der begeisterte Vermittler zwischen der sinnlichen und der übersinnlichen Welt, legt seine Hand auf die Platte und macht damit gewaltige schweißtreibende Bewegungen auf dem ganzen Tische umher, um das innere Ende mit dem Stift auf die verschiedenen Buchstaben zu bringen, aus denen die Antwort besteht.

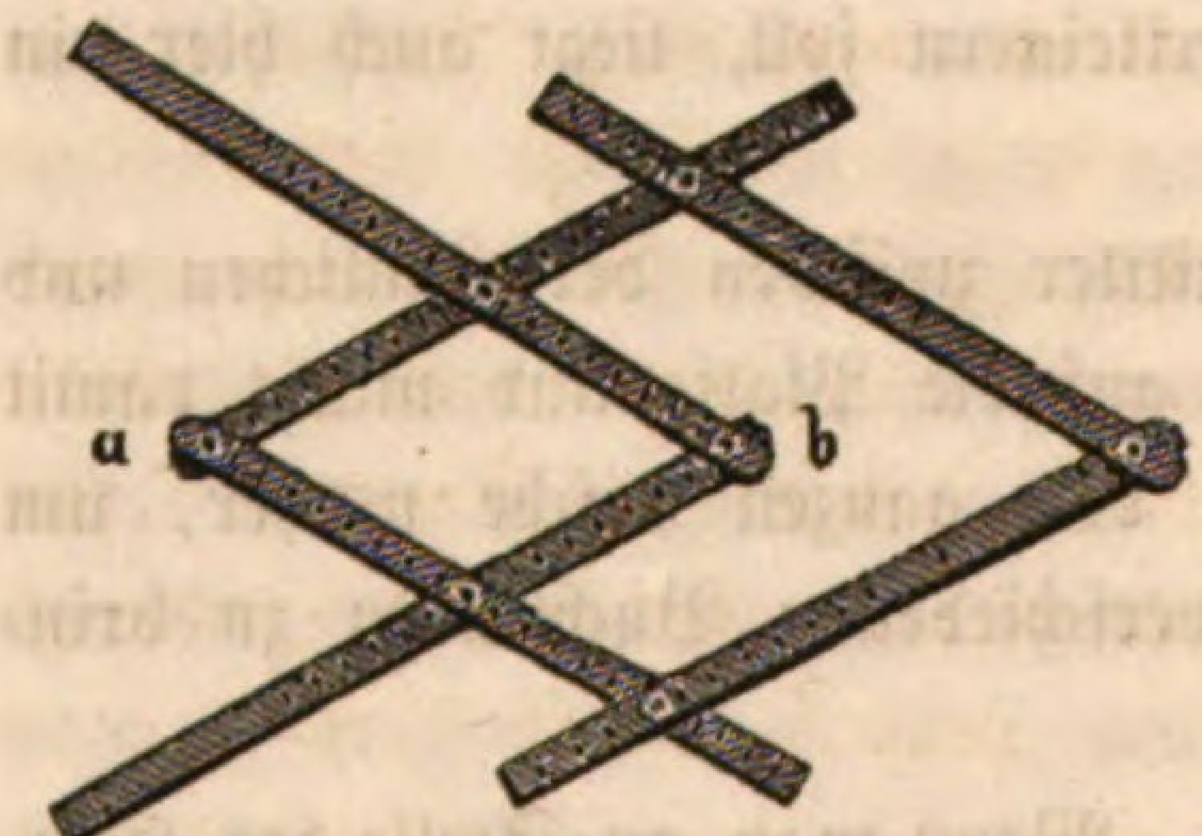
Auch schreiben kann der Psychograph. Wenn man an Stelle des Holzstiftes in dem innersten Winkel des Parallelogramms ein Bleistift setzt und mit dem Handbrette fußgroße Buchstaben macht, so macht der Stift derselben kleine auf dem untergelegten Papiere nach.

Ein solches Orakel-Instrument kostete zur Zeit der höchsten Blüthe dieses Schwindels fünf Thaler und wurde von vielen Leuten gekauft, so daß der Erfinder ein gutes Geschäft damit machte. Nachgerade sank es durch die Concurrenz mißgünstiger Tischlermeister auf einen Thaler, ja auf zehn Silbergroschen herab; die Leute aber gaben auch dieses geringe Geld für etwas Werthloses, denn sie konnten kein Medium mitkaufen, dies war aber natürlich eine unerläßliche Bedingung. Indessen fand sich nach und nach in jeder Familie ein Mädchen oder ein Knabe von einigem Witz, welcher mit dem Psychographen buchstabiren lernte und dadurch Medium wurde und nun die Leute nach Herzenslust und unter innerem Lachen blau anlaufen ließ. Der Verfasser ist einige Male von solchen Mitgliedern sogenannter magnetischer Vereine eingeladen worden, den Wundern des Magnetismus zuzuschauen, hat auch allerdings Wunder gesehen, aber nur Wunder der unbegreiflichsten Verblendung, denn die muthwilligen Betrügereien waren so grob, daß kaum ein Kind hätte getäuscht werden sollen. Auf Fragen, welche der Verfasser selbst stellen mußte, sind auch niemals, selbst nicht zufällig,

Antworten gekommen, welche einen mit der Frage zusammenhängenden vernünftigen Sinn hatten; im Allgemeinen blieben überhaupt alle Antworten aus und da wurde denn erklärt, es müsse ein feindliches Princip gegenwärtig sein, welches das Medium hindere, seine Kraft zu äußern; eine nicht undeutliche Hinweisung machte begreiflich, daß der fragende Verfasser dieser Schrift das feindliche Princip selbst sei.

Der Psychograph stellte übrigens, um mich Ennemoser's Ausdruckes zu bedienen, seinem Erfinder das „Testimonium paupertatis" sehr gründlich aus, denn er hat nicht einmal die für ihn sehr glückliche Eigenschaft des Storchschnabels benutzt, mit einer kleinen Bewegung an den kurzen Armen des Parallelogrammes eine größere an den längeren Armen hervorzubringen. Die nebenstehende Fig. 108 zeigt den gewöhnlichen Storchschnabel, aus sechs beweglichen Linealen bestehend; er ist bei *c* am Tische befestigt, *b* enthält den Zeichenstift, *a* den nicht färbenden Metall- oder Elfenbeinstift, mit welchem man die Contoure der größeren Zeichnung überfährt, um unter *b* eine kleinere zu erhalten. Verwechselt man die Stifte, so daß *b* den Elfenbein-, *a* aber den Bleistift enthält und legt man die Zeichnung unter *b*, so wird beim Ueberfahren derselben durch *b* der Bleistift *c* diese Zeichnung vergrößert wiedergeben, das Medium, welches seine Hand bei *b* auflegte, würde also mit sehr kleinen, kaum merklichen Bewegungen den Zeichenstift bei *a* veranlassen, viel größere ähnlicher Art zu machen; das Schreiben auf diese Art würde also demjenigen, der die Eigenschaften des Storchschnabels nicht kennt, wirklich in Staunen versetzen können. Diese Eigenschaften hat aber der Erfinder nicht benutzt, sondern er läßt sein Medium bei *a* ½ Elle lange Striche machen, um bei *b* mäßig große Buchstaben zu schreiben, welches, wenn man bedenkt, daß eine fremde Seele es thun soll, drollig genug aussieht. Ueberhaupt will dem Unbefangenen nicht einleuchten, warum der inspirirende Geist ein so beschwerliches plumpes Möbel braucht und nicht lieber vorzieht, wenn es denn doch geschrieben sein muß, dem Medium die Hand mit der Feder zu führen oder noch besser, es sprechen zu lassen.

Fig. 108.



Trotz dieser nicht benutzten Eigenschaft des Storchschnabels hat das Ding doch eine völlig unbegreifliche Sensation gemacht, denn Männer von einer ungewöhnlichen, ja von einer selten zu nennenden Bildung haben

unerschütterlich daran geglaubt und haben sich sogar Gemeinplätze, wie „das Diesseits ist die erste Stufe zum Jenseits“ oder „der Tod ist die Pforte zum ewigen Leben“ ꝛc. für tiefsinnige Sprüche, aus dem Holze des Psychographen kommend, aufbinden lassen, da sie doch vergessen haben, daß diese und hundert andere Sprüchlein in ihren Schulvorschriften von ihnen nachgeschrieben worden sind. Ja, ein hochgestellter Beamter, durch seinen Beruf mit der Mathematik und der Physik vertraut, Verfasser bedeutender wissenschaftlicher Werke, hat sich selbst dieser Sache mit einem Eifer angenommen, welcher eines besseren Gegenstandes würdig gewesen wäre, und ist meines Wissens von dieser an ihm unbegreiflichen Verirrung noch nicht zurückgekommen, um so weniger als seine eigene Tochter das Medium ist, durch welches der Psychograph spricht.

Anfänglich war es dieses Medium selbst, welches die Antworten ertheilte, bald aber ergab sich, daß durch dasselbe der Geist eines abgestorbenen Menschen, der im Zimmer verweilte, sprach; auf Befragen nannte sich dieser Geist auch als der des Bruders, des Vaters des Fragenden, oder als der Geist des Julius Cäsar oder der Seherin von Prevorst. Man kann wirklich die armen Leute, welche sich beliebig von Kindern oder Erwachsenen foppen ließen, nur bedauern, doch Mitleid wie Belehrung, Spott wie ernste Auseinandersetzung von dem handgreiflichen Unsinn hatten keinen Erfolg.

Bei diesen Erscheinungen war übrigens Alles so klar und so offen, daß selbst die Erklärung Arago's über das Tischrücken durchaus nicht paßte, denn von kleinen unmerklichen Bewegungen war nicht die Rede; im Gegentheil waren allemal die Bewegungen, wie bereits beschrieben, übermäßig groß und dem dadurch erzielten Effect, ein paar Buchstaben anzudeuten oder zu schreiben, gar nicht angemessen.

Arago führt das wunderbare Experiment des Uhrmachers Ellicot an, welcher zwei gleich große Pendeluhren in 2 Fuß Entfernung von einander an einer hölzernen, an der Wand befestigten Leiste aufgehängt hatte, von denen die eine ging, die andere stillstand, welche letztere dann durch die unmerklichen Schwingungen, die ihr taktmäßig von der gehenden Uhr durch Vermittelung der hölzernen Stange zugekommen war, zur höchsten Verwunderung Ellicot's in Gang kam. Der Versuch, den Anfangs der Uhrmacher für einen zufälligen hielt, indem Jemand die Uhr angestoßen haben mußte, ward mehrere Male mit Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln wiederholt und immer mit demselben Ausgange.

Arago hätte nicht diesen vereinzelten Versuch, er hätte die allgemeine, jedem Uhrmacher bekannte Thatsache anführen sollen, daß die Schwin-

gungen der kleinen Unruhe in der Taschenuhr genügend sind, die ganze Uhr, welche mehrere tausendmal so viel wiegt als die Unruhe, in schwingende Bewegung zu setzen, wenn dieselbe am Ladenfenster des Uhrmachers hängt. Die Schwingungen, die Pendelbewegungen der Uhr werden so gewaltsam, daß sie den Gang der Uhr verändern und der aufmerksame Zuschauer wird daher an jedem solchem Ladenfenster mehrere Uhren durch umgeklemmte Papierstreifen befestigt sehen.

Es ist keine Frage, daß hierin die Wunder der Table moving ihre Erklärung finden, viele Hände drücken leise gegen den Tisch, die Feuchtigkeit der Haut macht sie leicht daran haften, es dürfen nur ein paar Hände einige Bewegung in den Tisch bringen, so helfen alsbald die andern in Uebereinstimmung nach und der Tisch tanzt.

Nicht die Spur von diesem leisen, halb unbewußten Bewegen findet bei dem Possenspiel mit dem Emanulector oder dem Psychographen statt; es ist ein directes Schieben der Maschinerie auf die verlangten Punkte und ein dadurch hervorgebrachtes, schwerfälliges Buchstabiren, welches die Wunder bewirkt; nichts dabei unfaßlich als daß sonst verständige Leute sich auf eine so plumpe Weise hänseln lassen und auch durch hundertfältiges Mißlingen der von ihnen selbst angestellten Experimente in Gegenwart vorurtheilsfreier, prüfender Männer sich nicht von ihrer Täuschung heilen lassen.

Daß mitunter auch einmal eine wirklich magnetisch (mesmerisch) erregte Dame an den Psychographen kommen und dann möglicher Weise etwas zum Vorschein bringen könne, was eine Art von prophetischem Anstrich hat, soll nicht in Abrede gestellt werden; dieselbe Somnambule würde aber dasselbe geleistet und bequemer gegeben haben ohne den Psychographen.

Daß nun vollends bei allen diesen Angelegenheiten von der Elektricität oder dem Magnetismus als Grundursache gar keine Rede sei, versteht sich zwar von selbst, ist aber noch zum Ueberfluß durch eine Commission der Pariser Akademie an dem sogenannten Krampffisch, einem elektrisch sein sollenden Mädchen, Angelica Cottin, festgestellt worden.

Dieses 14jährige Mädchen war Arbeiterin in einer Fabrik von Filet-Handschuhen. Es hatte seit einigen Monaten übernatürliche Kräfte entwickelt, die man allgemein für elektrisch hielt, und die dem an sich häßlichen kleinen Mädchen von wirklich abstoßender Körperbildung, welches kaum Spuren von Geist verrieth, die Aufmerksamkeit der feinsten Gesellschaften erwarben.

Das Mädchen hatte eine merkwürdige Fähigkeit, einen Stuhl, auf dem sie gesessen hatte und von dem sie sich erhob, im Augenblick des Aufstehens mit furchtbarer Heftigkeit von sich zu schleudern. Die Professoren der Aka-

demie Arago und Babinet nebst einigen Andern waren zu Commissarien ernannt, um das Wunder zu untersuchen, welches dieser Krampffisch (ein Spottname, den die Kleine von ihren Mitarbeiterinnen erhalten hatte) verübte. Angelica Cottin sollte aus nicht geringen Entfernungen und durch ein vorgehaltenes Tuch Tische und Stühle in Bewegung setzen, durch ihre Finger den Nordpol der Magnetnadel abstoßen, den Südpol anziehen können, sie sollte das Vermögen haben, durch das Gefühl den Nordpol eines Magnetstabes vom Südpol zu unterscheiden rc. und mit diesen Wunderfertigkeiten unterhielt Angelica für Geld, welches ihre Eltern in Empfang nahmen, die Gesellschaften der vornehmsten Salons.

Die Commission sollte zu ermitteln suchen, was Wahres an der Sache, in welcher Weise die Bewegungen des Stuhles stattfänden, wenn Betrug im Spiele war, ihn zu entlarven und so einer Täuschung des Publikums zuvorzukommen. Folgendes ist der Bericht der Commission, welche außer den genannten Herren noch Männer wie Becquerel, St. Hilaire, Isidore Geoffrey, Rayer und Pariset umfaßte:

„Man hatte versichert, daß Angelica Cottin eine sehr starke Abstoßungskraft auf Körper in dem Augenblicke äußere, wo ein Theil ihrer Kleidungsstücke dieselben berühre. Man sprach selbst von Tischen, welche durch bloße Berührung mit einem Seidenfaden umgeworfen seien.

„Keine merkliche Wirkung dieser Art hat sich der Commission gezeigt.

„In den Mittheilungen, welche der Akademie gemacht worden sind, ist von einer Magnetnadel die Rede, die unter der Einwirkung der Arme des jungen Mädchens erst rasche Oscillationen machte und sich dann in ziemlich großer Entfernung von dem magnetischen Meridian feststellte.

„Vor den Augen der Commission hat eine frei aufgehangene Magnetnadel unter denselben Umständen weder eine dauernde noch eine momentane Veränderung erfahren.

„Die Angelica Cottin sollte das Vermögen haben, den Nordpol eines Magnets vom Südpol durch bloße Berührung mit den Fingern zu unterscheiden.

„Die Commission hat sich durch zahlreiche und mannigfach abgeänderte Versuche überzeugt, daß das junge Mädchen sich nicht im Besitze des ihr zugeschriebenen Vermögens befinde, die Pole eines Magnets durch das Gefühl zu unterscheiden."

(Vor dem Publikum, welches sich gern täuschen läßt, hatte das Mädchen wirklich diese Fähigkeit, sogar mit verbundenen Augen, sie bestand darin, die Buchstaben, welche die Pole bezeichneten, S und N, durch das Ge-

fühl von einander zu unterscheiden, wie man ja auch im Finstern den Bart verschiedener Schlüssel unterscheiden und den rechten herausfinden kann. Als die akademische Commission der kleinen Schelmin unbezeichnete Magnetstäbe vorlegen ließ, fehlte ihr das feine Gefühl auf einmal.)

„Die Commission will die Aufzählung ihrer mißglückten Versuche nicht weiter treiben, sie beschränkt sich darauf, schließlich zu erklären, daß die einzige von den angeführten Thatsachen, welche sich von ihr als richtig erwies, in der plötzlichen und gewaltsamen Bewegung bestand, in welche die Stühle geriethen, von denen das Mädchen aufstand. Da sich ernsthafte Verdachtgründe im Betreff der Art, wie diese Bewegungen zu Stande kamen, erhoben hatten, entschied sich die Commission für eine ernsthafte Untersuchung derselben, sie kündigte ohne Umschweife an, daß sie darauf ausgehen würde, den Antheil zu entdecken, den gewisse, geschickt verborgene Bewegungen der Hände und Füße an den Bewegungen der Stühle hätten.

„Von Stund an wurde uns erklärt, daß jenes junge Mädchen ihre anziehenden und abstoßenden Kräfte verloren habe, und daß wir benachrichtigt werden sollten, wenn sie sich wieder einstellten. Manche Tage sind seitdem verflossen, ohne daß die Commission eine Benachrichtigung empfangen, dennoch wird Angelica Cottin täglich in die Salons geführt, wo sie ihre Versuche wiederholt."

Was übrigens das Mädchen hinsichts des Zurückschleuderns der Stühle leistete, war außerordentlich und nicht außernatürlich, denn die Bewegung der Stühle wurde beim Aufstehen von denselben durch das plötzliche Auslösen der Sitz- und Wadenmuskeln bewerkstelligt und dies kann von einem Jeden nachgemacht werden, wenn schon nicht in solcher Art und Kraft, wie das Mädchen es vermochte, indem dazu jedenfalls viel Uebung gehört.

Wenn man die Füße zum Theil unter dem Stuhle hat, auf welchem man sitzt und man erhebt sich, so wird wie begreiflich der Stuhl dadurch zurückgeschoben; dies bewirkt das allgemeine Scharren, wenn eine Tischgesellschaft von ihrem Mittagsmahle aufsteht, die Meisten halten die Füße unter dem Stuhle, daher die rückschiebende Bewegung.

Wenn man jedoch aus der gedachten Stellung sich anfänglich langsam erhebt, dann aber plötzlich sich ausstreckt, so wird der Stuhl durch die sich plötzlich spannenden Wadenmuskeln von unten auf getroffen und, gehoben durch die Kniee, welche aber aus der Winkelstellung in eine grade Linie übergehen, was mit einer nicht geringen Vehemenz geschieht, wird der gehobene Stuhl nicht zurück geschoben, sondern geworfen.

Bei dem Mädchen in Paris, welches der Krampffisch zubenannt ist, waren diese hier beschriebenen Muskelbewegungen so gewaltsam und so schnell,

daß einige der Stühle, mit denen sie ihr Experiment machte, nicht nur bis gegen die Wand geschleudert wurden, sondern daß einer derselben sogar zerbrach. Herr Babinet, welcher diese gewaltsamen Wirkungen sah, bemerkte in der Richtung, in welcher beim Aufstehen ein Stuhl fliegen mußte, ein paar Herren im Gespräch; er stellte einen andern Stuhl zwischen denjenigen, auf dem das Mädchen soeben saß und die beiden sich unterhaltenden Herren; kaum war dies geschehen, als der Krampffisch sich erhob und der Stuhl, auf dem derselbe gesessen, gegen den leerstehenden flog, und beide ihre Reise auf die gelehrten Herren Akademiker fortsetzten, so daß diese schnell bei Seite sprangen.

Es gelang mehreren der jungen Leute, welche im Jardin des Plantes angestellt waren, dasselbe Kunststück zu machen, wenn schon, da sie nicht geübt waren, minder brillant.

Es haben sich von dieser Betrügerin Tausende von Personen täuschen lassen, ja Aerzte von bedeutendem Rufe haben sich, hingerissen von einer unbegreiflichen Versessenheit auf das Wunderbare, und die Richtigkeit aller Untersuchungen eines Arago, eines Becquerel läugnend, das Mädchen als ein elektrisches Wunderthier in Schutz genommen, die gedachten Gelehrten für unfähig erklärt, dergleichen Untersuchungen zu machen, weil ihnen gänzlich der rechte Sinn dafür abgehe, weil sie diese geheimnißvolle Elektricität mit dem groben unempfindlichen Elektroskop messen wollten, da sie doch wissen müßten, daß ein feinerer Geist als der ihrige zu dergleichen Beobachtungen, und zartere Instrumente zu deren Feststellung gehören. — Diese eifrigen Vertheidiger der geheimnißvollen Kräfte haben aber vergessen, daß ein Stuhl ein noch viel gröberes Instrument ist als ein Elektrometer, und daß diejenige Elektricität, welche denselben bis an die Wand schleudert, doch wahrscheinlich auch ein paar Goldblättchen in Bewegung setzen wird.

Am drolligsten aber geberden sich diejenigen, welche gar nichts von der Sache verstehen, und von dergleichen Leuten in die Welt geschickt, ist eine sündfluthartige Literatur entstanden, welche mit ihrem furchtbaren Wassergehalt alles Andere wegzuschwemmen drohete. Es haben sich dabei die wunderlichsten Ansichten geltend gemacht, vor allen Dingen aber ist man bemüht gewesen, die Geisterwelt mit in das Spiel zu ziehen. All' dergleichen Leistungen sollten viel weniger von dem Individuum, als von einem geheimen Gehülfen, einem unsichtbaren Wesen ausgehen, welches die Thaten vollbringt, ähnlich dem gehörnten Siegfried, der mittelst der Tarnkappe unsichtbar dem König Günther bei dem Kampfe mit Brunhild beisteht. Bei dem klopfenden Tische war es ein in den Tisch gebannter Geist, der die Fragen beantwortete. Das Stuttgarter Morgenblatt enthält ein Send-

schreiben, welches eine fabelhafte Mystik entwickelt, die den Verfasser zu dem Schlusse bringt, wie in der kranken Seherin von Prevorst wohl noch eine Seele wohnt, die aber, von dem Körper und Seele verbindenden Nervengeist bereits verlassen, todt da liegt, bis der Magnetiseur seine Hände auflegt und nun die drei Thätigkeiten vereint Wunder bewirken; so sei der hölzerne Tisch ein todter Körper, die ihn bewohnende Seele (in diesem speciellen Falle ein Thüringischer Graf, geboren 1211, Verwandter des Landgrafen) machtlos, stumm, weil das dritte Element der menschlichen Dreifaltigkeit, der Nervengeist ihm fehlt. „Nun aber hole ich ihn herbei, wir legen die Hände ihm auf, wir strömen unsern Nervengeist ihm ein, und siehe da, die drei Elemente sind bei einander: Körper, Seele und Nervengeist. Der Tisch ist jetzt ein Lebender, er bewegt sich und spricht: nur weil er kein Organ zum Reden hat, spricht er mit dem Fuße."

In München haben sich nach Ennemosers Tode (dem doch bei großer Leichtgläubigkeit wenigstens noch neben viel literarischer Grobheit etwas redlicher Wille innewohnte) einige andere obscure Geister der Tischklopferei und der Wahrsagerei durch Inspirirte bemächtigt und mit vielen verschiedenen Individuen, meistens Mädchen von einer sehr niedern Bildungsstufe, allerlei Unfug getrieben und darüber ausführliche Protocolle aufgenommen.

Weil nun in den Antworten dieser Bauerndirne die auswendig gelernten Katechismussprüche eine große Rolle spielten, so hat die Thorheit der heutigen Zeit es über sich vermocht dergleichen für himmlische Inspirationen, für religiöse Offenbarungen zu halten oder wenigstens dafür auszugeben. Der Unfung ging so weit, daß man die lithographirten Protokolle der höheren Geistlichkeit mittheilte und nach Rom zur Begutachtung sandte.

Vor Kurzem kam von dort ein Hirtenbrief an, den der Bairische Graf Cardinal von Reisach am 5. Juni aus Rom an seine bisherige Erzdiöcese erlassen, in welchem er sich schließlich sehr entschieden gegen die in München grasirende Thorheit, die „Mittheilungen aus dem Reiche der Geister" ausspricht.

„Solche wahnwitzige Offenbarungen" schreibt der Kirchenfürst „welchen viele, sonst achtbare Menschen aus Neugier das Ohr geliehen, haben uns noch die letzten Monate, die wir unter euch zubrachten (bevor er Cardinal wurde, vom Grafen Reisach Erzbischof), sehr verbittert. Wir sagen euch deßhalb, daß diese Aufschreibungen, die nunmehr leider auch gedruckt sind, nicht von Gott herrühren, daß sie ein Gewebe von Trug, Irrthum und Wahn sind."

Dergleichen muß nach dem sich für aufgeklärt haltenden Deutschland

aus Rom geschrieben werden — es ist schwer zu fassen, wie solche Verirrungen im menschlichen Geiste Platz haben.

Man kann den Unsinn wohl kaum noch weiter treiben.

Wir schließen diesen Abschnitt mit dem so wahren als treffenden Worte des Geheimeraths Carus, die das Ganze vollständig charakterisiren.

Es versteht sich von selbst, daß, was wir von dem eigentlichen Tischrücken gesagt haben, nun auch im vollen Umfange gilt von dem sogenannten Tischklopfen und den dadurch ertheilten Antworten auf vorgelegte Fragen. Auch hier blickt man am besten auf die schon von Ammianus Marcellinus beschriebenen Pendelversuche zurück, um zum vollkommenen Verständniß zu gelangen. Wie dort der Ring die Anfangsbuchstaben von Theodosius anschlug, weil die Verschworenen den Mann dieses Namens im Sinne hatten, und wie noch jetzt in dem bekannten Versuche mit dem Ringpendel, den man in einem Glase schwingen läßt, derselbe gewöhnlich richtig die Stunde schlägt, die man im Sinne hat, wenn der den Faden Haltende daran denkt, daß der Pendel die Zeit angeben soll, so klopft auch der Tischfuß in jenem Versuche nur die Zahl von Schlägen, welche von dem vorzugsweisen Innervationsmächtigen der bewegenden Personenkette gedacht wird, oder welche eben durch mesmerische Thätigkeit sich unbewußt den Gliedern der Kette mitgetheilt hat.

Damit ist aber noch gar nicht gesagt, daß diese Antworten Wahrheit enthalten müßten. Die Wahrheit des Unbewußten fordert meistens eine völlige Abwesenheit des Wissenwollens, wenn sie rein hervortreten soll und diese Bedingung wird selten erfüllt. Könnte man der Brieftaube Unterricht in der Geographie geben, so wäre mit Eins ihr unbewußt richtiger Zug zum Endziel ihres Fluges unmöglich geworden; und aus gleichem Grunde sind prophetisch richtige Aussagen von Einzelnen oder eine Kette bildenden Personen eine höchst seltene Ausnahme. Möglicherweise kann von einem ahnungsvollen Menschen eine Wahrheit verkündet werden, wie in einzelnen Träumen mitunter Wahrheit enthalten ist. Wenn man dagegen nach Angaben des Herrn Babinet im Jahre 1852 in den vereinigten Staaten von Nordamerika allein über 300,000 Mediums, d. h. Individuen, welche durch Tischklopfen als Vermittler des Umgangs mit der Geisterwelt erschienen, aufzählen konnte und wenn in unseren Tagen anscheinend gebildete Menschen sich von diesem Wahnsinn dergestalt fortreißen ließen und noch lassen, daß sie in allem Ernst glauben durften, die Seelen Verstorbener erfüllten wie Sonnenstäubchen die Luft und es bedürfe nur einiger magischer Operationen, wie des Auflegens der Hände einiger Personen u. s. w., um eine dieser Millionen Seelen in einen Tisch oder in das Holz eines

Psychographen einzuschließen, worauf sie dann durch den Willen eines Mediums zum Reden und Wahrsagen gezwungen werden könne, so heißt das eigentlich dem Zeitgeiste unseres Jahrhunderts, der zuweilen so vornehm auf den Aberglauben früherer Perioden herabzublicken liebt, ein Armuthszeugniß so gewichtiger Art ausstellen, daß alle technische Erfindungen und Lebenserleichterungen kein genügendes Gegengewicht darzubieten im Stande sind.

Wir wenden uns nun zurück zur Elektricität und zwar zu der durch Berührung erzeugten. Wir mußten die beiden Abtheilungen durch die Lehre vom Magnetismus trennen, weil die Berührungselektricität ihre wichtigsten und feinsten Meßwerkzeuge von dem Magnetismus entlehnt.

Der Galvanismus.

Berührungselektricität. Galvanismus.

Im Jahre 1790 ward durch die Gattin des Lehrers der Chirurgie an der Universität Bologna, Aloisius Galvani, eine Entdeckung gemacht, welche im Laufe dieses Jahrhunderts die größten Umwälzungen in der Chemie und Physik hervorrufen sollte, so klein und scheinbar unbedeutend auch ihr Anfang war und so entschieden man auch das Wesen der neuen Entdeckung verkannte.

Alois Galvani befand sich mit einigen seiner Zuhörer in seinem Hörsaale, der — nach Art des italienischen Lebens, welches auf die häusliche Räumlichkeit wenig Werth legt, da die ganze Existenz auf der Straße verläuft — zugleich Schlafstube, Speisesaal, Küche und Besuchzimmer war. Seine Gattin hatte häufig unwillkührlich an seinen Vorlesungen Antheil genommen und so war es auch diesmal. Sie zog mit dem hübsch scharfen Scalpell, mit welchem ihr Gatte am Tage eine Leiche secirt, jetzt am Abend Frösche ab, um deren Schenkel zum Nachtessen zu rösten. Sie war mit ihrer Arbeit fertig und wollte sich entfernen, mochte noch irgend etwas, das ihr Gatte sprach, bis zu Ende hören wollen, stand daher mit dem Scalpell in der Hand spielend an dem Tisch mit der zinnernen Schüssel, auf welcher die Froschschenkel lagen.

Aus einer Elektrisirmaschine wurden knisternde Funken gezogen. Der Satz, den sie hören wollte, mochte zu Ende sein, sie legte das Messer nieder, es lag mit seiner Spitze auf den Nerven der Rückenwirbelsäule (Cruralnerven) und sank aus ihrer Hand auf den Rand der Schüssel.

In diesem Augenblicke streckte sich der halbe, abgezogene Frosch gewaltig und zitternd aus, so daß die Frau dachte, er lebe. Sie hob das Messer auf und der Frosch lag ruhig in der bekannten zusammengezogenen Stellung. Sie berührte ihn abermals und siehe, es geschah das eben Bemerkte nochmals.

Die geistreiche, aufmerksame Frau fand hierin etwas sehr Ungewöhnliches und rief ihren Gatten dazu. Nachdem dieser das Experiment gesehen, rief er entzückt aus: „Frau, ich habe eine große Entdeckung gemacht, ich habe die thierische Elektricität, ich habe die Ursache der Lebenskraft gefunden.“ Er entriß also sofort seiner Gattin das Verdienst der Entdeckung und schrieb es sich zu, hat auch in seinen eigenen Schriften niemals der Hülfe oder der Veranlassung derselben erwähnt; doch verbreitete sich die Nachricht von ihrer Mitwirkung bald, sie ward von den damaligen Dichtern durch ein Sonett gefeiert, und man erzählte sich am Anfange dieses Jahrhunderts die Entdeckungsgeschichte so, wie sie hier mitgetheilt, und Zeitgenossen Galvani's wie z. B. Professor Erman der Aeltere, theilten in ihren Vorlesungen die Thatsachen auf die hier vorgetragene Art mit. Im Laufe der Jahre hat man, sich an Galvani selbst haltend, das vergessen, doch Alibert und Sue haben in ihren Schriften aus den ersten Jahren dieses Jahrhunderts über diesen Gegenstand das Factum der Erfindung durch die Frau Galvani's festgestellt, wie sie es, durch Privatnachrichten am Entdeckungsorte unterstützt, konnten.

Die gescheudte Frau hatte die Entdeckung gemacht, der nicht gescheudte Mann wußte sie nicht zu benutzen; in der Meinung, die Muskeln des thierischen Körpers seien Verstärkungsflaschen, der Nerv der Zuleiter zu der inneren Belegung, die Zellen, die Haut dasjenige, was zur äußeren Belegung führe, das Leben sei die Ladung dieser Belegungen und die Bewegung sei eine Folge der Ausgleichung zwischen diesen inneren und äußeren Ladungen. In dieser phantastischen Hypothese befangen, sah er Alles durch eine gefärbte, und da es ihm an eigentlicher Kenntniß der Naturwissenschaften fehlte, durch eine trübe Brille an.

Um diese seine Ansicht zu bestätigen, machte er die wunderlichsten Experimente. Der Grundversuch bestand überall darin, daß ein quer durchgeschnittener und abgezogener Frosch, dessen Rückenmarknerven man bloßgelegt hatte, mit diesen Nervensträngen an einen Metalldraht gehängt und nun der Elektricität Zutritt gestattet wurde. Dies sollte nun bald die Maschinen-, bald die Wolkenelektricität sein, immer sollten dabei die Muskeln als Verstärkungsflaschen geladen und durch die Entladung bewegt werden.

Daß die Versuche bald gelangen, bald nicht, weil sie inconsequent und unverständig angestellt waren, hinderte Galvani nicht, überall Bestätigungen seiner Ansicht zu finden und sein lebhaftes Auftreten für die Sache erweckte namentlich in dem phantasiereichen, aber nicht gründlich und wissenschaftlich gebildeten Italien ihm zahlreiche Anhänger, welche seine sonderbare Hypo-

these mit allerlei Floskeln von Lebenskraft und Urkraft ausgeschmückt in weiten Kreisen verbreiteten.

Einer seiner Versuche, die Atmosphäre als ladenden Körper mit in das Spiel zu ziehen, war folgender: das Froschschenkel-Präparat war an den Nervensträngen mit einem feinen Kupferdraht umwickelt und an das eiserne Gitter von Galvani's Garten gehängt. Der Kupferdraht stand lang und frei empor und da er sehr dünn war, galt er für eine Spitze, welche die Elektricität aus der Luft dem Froschpräparat zuleiten konnte.

Lichtenberg sagte: „ja — konnte, wenn sie wollte, allein sie wollte nicht, denn falls sie diesen Weg durch den Draht gewählt hätte, so fand sie ja eine viel tausendmal breitere, also ihr viel mehr zusagende Leitung in dem eisernen Gitter.“ Die Elektricität that Galvani also nicht den Gefallen, in das freischwebende Froschpräparat zu gehen, und er stand sehr lange in dem heißen Sonnenschein, vergeblich wartend auf Zuckungen, die nicht erscheinen konnten.

Da fiel ihm ein, daß der Draht, an welchem das Schenkelpaar hing, schräg stand — da konnte ja die Elektricität nicht hin (dachte er), sie mußte ja den nächsten, den geraden Weg zur Erde wählen; er wußte also noch nicht viel von der damals schon 40 Jahre alten Theorie der Blitzableitung, vermöge deren man durch einen guten Leiter die Elektricität führen konnte, wohin man wollte.

Um nun der Elektricität den Weg zu erleichtern, bog er den Kupferdraht so weit herab, daß die Froschschenkel unter ihrem Aufhängungspunkte schwebten und sogleich entstanden die Zuckungen; der große Mann hatte richtig geschlossen und der Versuch machte wieder brieflich die Runde zu allen seinen Freunden und durch wissenschaftliche Zeitschriften auch zu den übrigen Physikern von Europa.

Das Schlachten der armen Frösche nahm kein Ende und hätte Abdera (das bekanntlich durch die Frösche der Latona in Besitz genommen wurde, welche die Einwohner aus der Stadt vertrieben) noch bestanden, als der Galvanismus entdeckt wurde, so wären die Frösche wahrscheinlich nicht Sieger geblieben, ein solches Gemetzel stellten die Gelehrten unter ihnen an. Sonderbar ist dabei, daß in England die wunderbare Entdeckung gar keinen Eingang fand, es ist nicht etwa blos dem Verfasser kein englischer Gelehrter bekannt, sondern selbst so ausgezeichnete Forscher im Gebiete der Geschichte des Galvanismus, wie Fechner in Leipzig und Pfaff in Kiel, wissen keinen Engländer zu nennen und erst später, als der Galvanismus sich in den Voltaismus umgestaltete, d. h. aus dem einfachen Plattenpaar die Säule wurde, machte die Möglichkeit einer technischen Anwendung Ge-

lehrte wie H. Davy aufmerksam auf den Gegenstand, und nun wurden daselbst die großartigsten Experimente gemacht, welche die Geschichte der Elektricität aufzuweisen hat.

Nähere Prüfung hielt aber auch der Versuch am Gartenzaun nicht aus, wie Volta sofort bewies, denn was Galvani bezweckt hatte, war wieder nicht das, was zu erzielen er geglaubt, nämlich das Laden der Verstärkungsflasche aus Muskel und Nerv; es war einfach die durch Berührung zweier verschiedener Metalle (des Kupferdrahtes und des Gußeisens am Gartengitter) erregte Elektricität, welche, so lange die Froschschenkel frei in der Luft schwebten, sich nicht ausgleichen konnte, daher das Präparat auch Galvani's Erwartung täuschte und ihm, der gar kein Physiker, sondern ein in einer eingebildeten Theorie befangener Chirurgus war, auf die wunderliche Idee brachte, schräge Leitung sei keine Leitung, sie müsse senkrecht veranstaltet werden. Durch diese Veranstaltung aber führte er die Bedingung herbei, welche zu den Zuckungen erforderlich war, nämlich Berührung mit zweierlei Metallen (Kupfer und Eisen) an zweierlei Stellen des Froschpräparats (Nerven und Muskelsubstanz), indeß die beiden Metalle unter sich selbst auch in Berührung waren, da nämlich, wo der Kupferdraht um das Eisen der Gitterstäbe geschlungen war.

Volta's Versuche.

Es wäre für unsere Zwecke höchst überflüssig, Galvani's schlecht angestellte, nichts beweisende Versuche zur Unterstützung einer unhaltbaren Hypothese anzuführen; wir wenden uns lieber sogleich zu den Untersuchungen des großen Gelehrten, der hier eine Fackel entzündete, welche in die Tiefe ferner Jahrhunderte leuchten wird, zu Alexander Volta. Dieser hörte nicht sobald von der Entdeckung (an welcher Galvani keinen anderen Antheil hatte, als daß er eine Frau besaß, welche diese Entdeckung gemacht), als er auch die Versuche wiederholte, augenblicklich einsah, daß hier nichts anderes als Elektricität das Wirkende sei, daß diese aber nicht in dem Thiere stecke, sondern daß sie erzeugt würde durch die Berührung zweier Metalle, hineingeleitet würde, so die Nerven reize und die Zuckungen hervorbringe.

Er that dieses durch unzählige Versuche dar, bestimmte die Reihe der Körper, welche mehr oder minder Elektricität erregten bei der Berührung unter sich und wies schließlich die Elektricität, und zwar sowohl die positive als die negative, nach, welche sich bei der Berührung zweier heterogener (ungleichartiger) Körper bildet. Da es lehrreich ist zu sehen, wie man die geringsten Kleinigkeiten beachten müsse, wenn es sich um Erzielung genauer

Resultate handelt, so wollen wir anführen, wie schwer es Volta geworden, die beiden verschiedenen Elektricitäten nachzuweisen.

Er hatte ein sehr empfindliches Elektrometer mit einem messingenen Teller (S. 29 u. 30, Fig. 6 u. 7), nahm eine Zinkscheibe und eine Kupferscheibe, jede an ein Stück Siegellack befestigt, brachte sie, isolirt gehalten, mit einander in Berührung und theilte nunmehr durch Berührung der Messingplatte des Elektroskops dem Instrumente die gewonnene Elektricität mit, er fand, daß bei Ladung desselben sowohl durch die Zink- wie durch die Kupferscheibe, negative Elektricität angezeigt war.

Dies konnte unmöglich richtig sein, wenn die beiden Metalle durch Berührung mit einander elektrisch werden, so muß das eine positiv und folglich muß das andere negativ sein.

Doch fand Volta dasjenige, was da sein mußte, nicht und suchte Monate lang danach. Professor Erman erzählte häufig, wie Volta ihm brieflich den Vorgang mitgetheilt. Es geschah auf folgende Weise:

Immerfort mit der ihm völlig räthselhaften Erscheinung stets gleicher Elektricitäten beschäftigt, schwebte nur dieses seinem Geiste vor, auch wenn er scheinbar andere Dinge that. So kam es, daß er eines Morgens, eine römische Zeitung lesend, wohl mit den Augen über die Zeilen lief, doch nicht mit dem Geiste, welcher, indeß die Augen die eingeleitete Papstwahl verfolgten, nur an das Nichterscheinen der positiven Elektricität dachte.

Indeß er so, den Kopf in die eine Hand gestützt, über das Blatt gebeugt an seinem Schreibtisch saß, pflückte die andere Hand ein äußerstes Eckchen von dem Zeitungsblatt ab und führte es an die Lippen, mit der Zunge es benetzend.

Jetzt erwachte Volta's Geist aus dem Halbschlummer, in welchem er über dem interessanten Zeitungsartikel versunken war, und er combinirte das benetzte Stückchen Papier als Leiter der Elektricität mit dem ihm stets vorschwebenden Experiment. Er klebte dasselbe an die Platte des Elektrometers, brachte die beiden Metalle Kupfer und Zink an einander und führte nun das isolirt gehaltene Kupfer zu dem nassen Papier, durch dieses dem Elektrometer die Elektricität mittheilend.

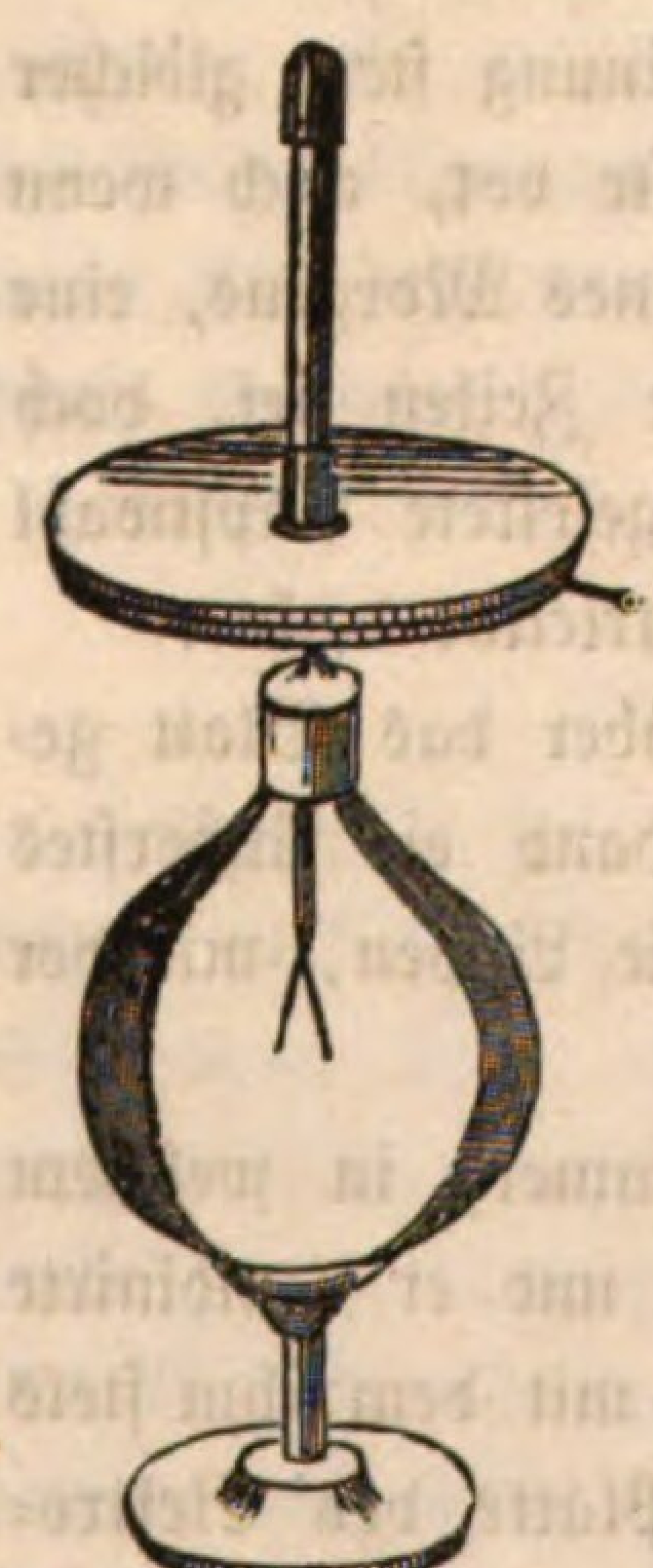
„Immer wieder negative Elektricität!" rief er unwillig aus, als er bei der Untersuchung diese wie bisher auch fand.

Er machte den Versuch nochmals nun mit der Zinkscheibe und siehe, die Untersuchung ergab positive Elektricität.

Wie ein Blitz erleuchtete dies Ereigniß sein Gehirn, da war es, das Räthsel war gelöst! So mußte es ja sein! Wenn er vorhin, bei Berührung des Elektroskopes mit der Kupferscheibe demselben die Elektricität mit-

theilte, welche das Kupfer hatte, so war dieses gar nicht der Fall bei Berührung desselben Instrumentes mit der Zinkscheibe. Hier waren ja von neuem zwei verschiedene Metalle mit einander in Berührung, dadurch mußte ja das eine negativ werden; dies war gerade das Metall des Elektroskopes, Kupfer (Messing ist eine Mischung von 16 Theilen Kupfer und 2 bis 3 Theilen Zink). Der den großen Physiker so sehr verwirrende Vorgang war also durchaus natürlich, es konnte sich bei seinen bisherigen Versuchen nichts anderes zeigen als negative Elektricität. Das sieht jetzt auch ein Jeder, der etwas von der Physik versteht, sehr deutlich ein, es ist dies sogar sehr leicht gesagt, allein damals war der Weg durch die pfadlose Wüste noch nicht gebahnt, den jetzt ein jeder Mann vom Fache leicht zu finden weiß; dieses Stückchen Papier — der nasse Leiter — war das Ei des Columbus.

Fig. 109.



Der Condensator.

Damit aber auch Jeder unserer Leser, nicht bloß der Mann vom Fache, den wir überhaupt nichts lehren wollen, weil er alles das wissen muß, was hier gelehrt wird, den Versuch machen könne, wollen wir denselben genau beschreiben.

Das Elektrometer, welches S. 29 angeführt ist, hat einen doppelten Deckel. Der untere sitzt festgeschraubt auf dem Stift, welcher die in der Kugel sichtbaren Goldblättchen oder Strohhälmchen trägt. Der obere Deckel ist mittelst des Glasstieles in seiner Mitte von dem unteren leicht abzuheben. Dieser zweite Deckel bildet mit dem ersten vereint den Condensator. Wenn er jedoch dieses sein soll, so muß seine untere Fläche sowie die obere des ersten Deckels gut gefirnißt sein. Man kann den Firniß auch durch ein feines Stückchen Seidenzeug ersetzen oder noch einfacher dadurch, daß man unter die obere Fläche drei ganz flach verlaufende Tröpfchen Siegellack bringt, denn es handelt sich lediglich darum, daß die obere Platte die untere nicht leitend berühre, wenn sie darauf gesetzt wird; ob das Hinderniß Firniß, trocknes Papier, Seide oder Luft sei, ist gleichgültig.

Durch eine solche Anordnung ist der Condensator fertig, um ihn aber gehörig zu brauchen und seinen Gebrauch zu verstehen, müssen wir uns zum Elektrophor zurück begeben, mit dessen Theorie er vollständig übereinstimmt.

Wir erinnern uns, daß eine Harzplatte ein Isolator ist, daß eine darauf gesetzte Metallscheibe keine Elektricität an sie abgeben, noch von ihr empfangen kann, ja daß dieses sogar nicht geschieht, wenn die Harzplatte durch Reibung stark elektrisch geworden ist. Die negative Elektricität der Platte bindet von der ± E, welche die Metalltafel hat, sobald sie auf die Harztafel gesetzt wird, die ihr verwandte Elektricität, also die positive; allein sie nimmt sie ihr nicht, und sobald man die Metalltafel isolirt abhebt, bemerkt man, daß sie nichts gewonnen, nichts verloren hat, daß sie indifferent ist. Berührt man aber die Platte (den Deckel) mit der Hand, so entsteht ein Funke und der Deckel, liegen bleibend, zeigt nun keine Spur von Elektricität, so wenig wie er vorher abgehoben dergleichen gezeigt hatte. Sobald man aber den Deckel nach einer solchen Berührung an einer isolirenden Handhabe von der Form, d. h. der Harztafel abhebt, so ist nunmehr ein beträchtlicher Ueberschuß von Elektricität vorhanden, welcher sich nicht allein in Bewegung eines Elektroskopes, in Anziehung leichter Körperchen offenbart, sondern sich als Funken zeigt, dessen Lebhaftigkeit sich nach dem Funken richtet, der sich zwischen der berührenden Hand und dem Deckel gezeigt hatte, als derselbe auf dem geriebenen Harzkuchen stand.

Der negative Harz band die positive Elektricität der Metallplatte, sie erschien mithin, ihrer positiven Elektricität verlustig, nunmehr negativ und die ihr genäherte Hand glich durch einen Funken diesen Mangel aus. Nunmehr unelektrisch scheinend, hatte die Tafel doch eine große Quantität Elektricität mehr als sie beherbergen konnte, sobald das Gebundensein der negativen aufhörte, d. h. sobald man sie von der Harzplatte abhob.

Genau derselbe Vorgang wird durch den Condensator bewirkt. Eine Metallplatte liegt auf dem Elektroskop Fig. 109, man elektrisirt diese, sie macht ihre nächste Umgebung, also die Luft auf ihr oder das Seidenzeug oder den Firniß mit elektrisch. Steht darauf die Condensatorplatte und wird sie isolirt abgehoben, so wird man an ihr keine Spur von Elektricität bemerken, berührt man sie jedoch oben mit dem Finger oder noch besser mit einem in der vollen Hand gehaltenen Stück Metall und elektrisirt man während dieser Zeit die untere Platte, so wird die obere durch die zuleitende Berührung so viel Elektricität von der Gattung, welche durch die Elektrisirung der unteren Platte gebunden wird, aufnehmen können, daß dadurch die Ladung der unteren Platte entsprechend stärker werden (fünf- bis sechsmal) kann, als sie ohne die Condensatorplatte geworden wäre.

Dies ist es, was der Condensator bezweckt. Es giebt Elektricitätsquellen, welche so außerordentlich schwach sind, daß sie ein gewöhnliches Elektrometer nicht in Thätigkeit setzen; zu diesen Quellen von äußerster

Schwäche gehört die Berührung zweier heterogener Körper, allein wie schwach sie auch sei, durch den Condensator läßt sie sich nachweisen.

Sobald die Thatsache einmal feststeht, bedarf man des Condensators nicht mehr, dann ist das Froschpräparat da; dieses ist das allerempfindlichste (so lange man nicht zu dem Magnetismus seine Zuflucht nehmen kann) Elektroskop, allein es kam nicht mehr darauf an, dieses in Bewegung zu setzen, sondern nachzuweisen, daß es wirklich Elektricität sei, welche die Froschschenkel zum Zucken bringe und dazu bedurfte man des Elektroskopes mit dem Condensator.

Der Fundamentalversuch.

So wird vorzugsweise und fast ausschließlich derjenige Versuch genannt, welcher den gedachten Beweis liefert. Ein Frosch wird querüber durchschnitten, so daß sein Obertheil vom Untertheil getrennt ist. Man fährt, um das arme Thier, welches ein entsetzlich zähes Leben hat und so halbirt wohl noch 12 Stunden lebt, nicht lange zu quälen, mit einem sogenannten Reibaal von Stricknadeldicke in den Rückgrat hinein und bringt damit bis in die Gehirnhöhle, hierdurch wird das Thier sofort getödtet.

Derjenige Theil, welcher zum Versuche über den elektrischen Reiz gebraucht wird, ist der untere; man zieht denselben so ab, wie es geschieht, um die Froschschenkel zu backen, zu grilliren. Einen Theil des Rückgrates, der an den Schenkeln sitzt, trennt man vorsichtig von dem übrigen, so daß das Rückenmark nicht durchschnitten wird, sondern die beiden Stränge desselben, die sich zu den Schenkeln herabsenken, frei liegen. Die Muskeln der Beine legt man auf ein Stück Metall, etwa auf eine Zinkplatte (es kann eben so gut eine Kupfer- oder eine Silberplatte sein, dann wird das Zink an den Nerven angebracht), die Nerven legt man auf einen Kupferdreier oder auf einen Gulden, einen Thaler, und hütet sich wohl, daß die beiden Metallstücke sich berühren. Das Froschpräparat liegt zusammen gezogen, wie man die Frösche gewöhnlich sitzen sieht; nun hält man mit einem Finger die Nerven auf dem Silber- oder Kupferstücke fest und rückt dann dieses Stück langsam über den kleinen Zwischenraum, der es von dem Zink trennt, bis es dieses berührt.

So wie dies geschieht, streckt sich der todte Frosch mit einer solchen Vehemenz lang aus, daß der Neuling, der das Experiment zum ersten Male macht, heftig erschrickt und nicht selten die angedrückten Nerven losläßt, so daß das Präparat von dem Metalle herunterspringt.

Sobald dies geschieht, liegen die Froschschenkel wieder zusammen gezogen und ruhig da, bis man das Experiment wiederholt.

Es kam nun darauf an, nachzuweisen, daß Elektricität dasjenige sei, welches hier wirke und daß diese Elektricität durch die Berührung zweier Metalle, nicht durch Entladung einer Verstärkungsflasche (als welche Galvani die Muskeln angesehen wissen wollte) hervorgebracht werde.

Das Letztere war leicht, denn legte man die Froschschenkel ganz, sowohl Muskeln als Nerven, auf ein und dasselbe Stück Metall, so war doch gewiß eine metallische Leitung zwischen Muskeln und Nerven (d. h. zwischen dem Aeußeren und dem Inneren der geladenen Verstärkungsflasche) vorhanden, eine Entladung konnte also eintreten und sich durch die Zuckungen offenbaren, es offenbart sich aber dabei nichts, zum sichern Beweise, daß eine solche Entladung nicht stattfinde.

Anders war es mit dem Beweise, daß durch Berührung zweier Metalle Elektricität entstehe und dieser Beweis, so mühsam gesucht, so schwer gefunden, wird jetzt mittelst des Condensators ganz leicht und auf folgende Art geliefert.

Man verschafft sich eine Kupfer- und eine Zinkplatte, etwa von Thalergröße, macht jede derselben auf einer Seite recht eben, feilt und schleift sie und reibt sie dann mit trocknem, nicht geöltem Schmirgelpapier ab.

Auf die nicht blanke Rückseite tröpfelt man etwas Siegellack und läßt ein ein paar Zoll langes Stück der Stange dadurch auf dieser Seite ankleben, so daß daraus eine isolirende Handhabe für das Metallstück entsteht.

Man faßt nunmehr ein jedes derselben bei dem Harzgriff und bringt die beiden blanken Seiten der Metallstücken an einander und entfernt sie nach augenblicklicher Berührung wieder von einander. Beide Metalle sind nunmehr elektrisch und zwar entgegengesetzt, man überzeugt sich davon, indem man die eine Platte an das (mit einem Stückchen nassen Papiers oder nasser Leinwand bewickelte) Häkchen der unteren Platte (siehe die Figur 6 S. 29) legt, während man die obere Platte des Condensators ableitend berührt.

Man wiederholt die Berührung der Platte unter einander und die darauf folgende des Elektroskopes drei- bis viermal, nun entfernt man die Metallplatte und hierauf hebt man den Deckel des Condensators ab. In dem Augenblick, da dieses geschieht, wird man die vorher durch den Deckel gebundene Elektricität frei werden und die Blättchen des Elektroskopes aus einander gehen sehen.

Man kann nunmehr die Elektricität prüfen, indem man mit einem geriebenen Glasstängelchen in die Nähe des Elektroskopes kommt; gehen dabei die Blättchen stärker aus einander, so ist es gleichnamige, d. h. positive Elektricität. Sie thun dieses, wenn die Elektrisirung durch Zink bewerk-

stelligt war, sie thun dieses nicht, sondern sie gehen vollständig zusammen, wenn Kupfer der berührende Körper war.

Hiermit ist nun sicher bewiesen, daß Elektricität durch Berührung zweier Metalle erregt und daß in dem einen positive und in dem andern negative Elektricität durch diese Berührung erregt werde.

Der Versuch gelingt noch leichter, wenn man einen etwa 3 Quadratzoll großen Streifen Zink mit einem eben so großen Streifen Kupfer zusammenlöthet, so daß man dadurch einen 6 Zoll langen und 1 Zoll breiten Streifen aus zwei Metallen erhält.

Faßt man nun den Zinkstreifen in die Hand und berührt man mit der Kupferhälfte die untere Platte des Condensators, so wird die Elektricität gewöhnlich stark genug sein, um des Condensators entbehren zu können; dasselbe findet statt, wenn man den Kupferstreifen in die Hand nimmt und mit dem Zink die nasse Stelle des Elektroskopes berührt.

Mit Recht führen diese Versuche den Titel der fundamentalen, denn auf sie stützt sich die ganze Lehre von der Berührungselektricität.

So wie jener Froschschenkel, an dem die Gattin Galvani's die große Entdeckung machte, daß die Berührung zweier Metalle Elektricität erregte, so war jetzt das Stückchen Löschpapier der Träger einer neuen, noch weit wichtigeren Entdeckung, der nämlich, daß feuchte Leiter die durch Berührung verschiedener Körper erzeugte Elektricität unverändert fortleiteten, wodurch allein es möglich wurde, die Volta'sche Säule zu erbauen und mittelst derselben Alles das zu erhalten, was von jenem Zucken eines Muskels bis zu der ausgebildeten Elektrochemie und dem Elektromagnetismus die Wissenschaft bewegt hat.

In diesem Zweige des menschlichen Wissens ist man Schritt für Schritt durchaus systematisch vorgegangen und hat, nachdem die ersten Fundamentalversuche festgestellt waren (was allerdings bis zum Jahre 1820 währte), bei allen weiteren Versuchen die Erfolge vorhersagen können.

Jene Grundlehren fangen aber mit der Entdeckung Volta's an, daß jedes Metall in Berührung mit jedem anderen elektrisch werde und zwar auf eine gewisse, sich immer gleich bleibende Weise. Die Reihe, in welcher die Körper bezüglich ihrer elektrischen Erregbarkeit stehen, nannte Volta die elektrische Spannungsreihe, sie lautet nach den neuesten Vervollständigungen wie folgt: Zink, Blei, Kadmium, Zinn, Eisen, Wismuth, Kobalt, Arsenik, Kupfer, Antimon, Platin, Gold, Quecksilber, Silber, Kohle, Glaserz, Schwefelkies, Kupferglanzerz, Kupferkies, Bleiglanz, Zinngraupen, Kupfernickel, Arsenikkies, Wasserblei, Uranoxydul, Pecherz, Titanoxyd, Graphit, Wolfram, Schrifterz, krystallisirter Braunstein, Bleihyperoxyd.

Hierbei ist zu bemerken, daß jede erstgenannte metallische oder sonstige Substanz, mit jeder ihr folgenden in Berührung gebracht, positiv elektrisch wird; so Zink mit Blei oder Eisen oder Schrifterz, so Schrifterz positiv wird mit Braunstein zc. und daß auch folglich umgekehrt jede Substanz, mit einer der früher genannten in Berührung gebracht, negativ elektrisch wird, so Graphit mit Titanoxyd, so Bleiglanz mit Kupferkies, mit Blei, dagegen die gegen Bleiganz positiv wirkende Kohle selbst negativ wird gegen Blei, alle aber negativ erscheinen gegen Zink als das am stärksten positive, und alle wiederum positiv gegen Bleihyperoxyd als das in der ganzen Reihe am stärksten negative.

Die hier angeführten Substanzen, wenn sie paarweise zur Erreichung des eben gedachten Zweckes verbunden werden, nennt man Elektromotoren, weil sie gewissermaßen die in ihnen ruhende Elektricität in Bewegung setzen und es ist von Wichtigkeit sie zu kennen, auch darf man nicht übersehen, daß hier immer von möglichst reinen Körpern die Rede ist und daß Beimengung von anderen Substanzen sie mitunter auffallend verändert, so ist Quecksilber sehr negativ (stärker als Kupfer), aber auf das Zink eingerieben macht es dasselbe äußerst positiv, während, wenn man es auf Kupfer bringt (wobei man meinen sollte, dieses müsse nun erst recht negativ wirken), nicht eine Verstärkung, sondern eine sehr auffallende Verringerung seiner elektromotorischen Kraft eintritt. Ja schon die Oxydation, das Anlaufen eines Metalles durch die Wärme, bringt nicht vermuthete Unterschiede hervor.

Es giebt außer den genannten noch Körper (besonders Salze und Auflösungen derselben in Flüssigkeiten, ferner reines Wasser und die Säuren), welche sich in eine solche Spannungsreihe nicht bringen lassen, sondern mit demselben Körper zwar immer auf dieselbe Weise, aber im Ganzen unregelmäßig (anomal) wirken.

Die alkalischen Flüssigkeiten, Auflösungen von Aetzkali, Natron oder Ammoniak bringen die Metalle, selbst die am stärksten positiven, in eine negativ elektrische Spannung. Dies könnte man noch nicht anomal nennen, sie würden in der elektrischen Spannungsreihe als noch vor dem Zink stehend angesehen werden müssen. Allein das Unregelmäßige liegt darin, daß die am stärksten unter den anderen Metallen positiv werdenden, gerade in Berührung mit den alkalischen Flüssigkeiten am stärksten negativ werden, indeß die negativen Metalle, wie Silber, Platin zc., bei weitem weniger negativ gegen die Alkalien erscheinen als das Zink.

Eben so und auf dieselbe Weise unregelmäßig wirken die concentrirten Säuren, sie machen alle Elektromotoren zwar positiv, aber die

negativen, Platin, Kohle ꝛc., viel stärker als die positiven, ja Antimon, Zinn und Zink werden wirklich entschieden negativ elektrisch.

Verdünnte Säuren und Auflösungen schwerer Metallsalze lassen gewöhnlich die Metalle in der elektromotorischen Thätigkeit, in welcher sie in der natürlichen Spannungsreihe erscheinen.

Diese Eigenschaft der Flüssigkeiten hatte man Anfangs ganz übersehen, später aber sie benutzt, um Apparate von einer Stärke zusammenzusetzen, die man früher wohl nicht für möglich gehalten haben dürfte, auch hat man zwei Uebelstände vermeiden gelernt: der erste ist, daß die Metalle sich während des Gebrauchs in ihrer elektrischen Spannung durch Oxydation verwandeln; der zweite ist, daß wenn eine solche Verwandlung auch nicht stattfindet, sie doch in ihrer Wirkung nachlassen, nicht mehr die frühere Spannung behalten. Es ist durch Berücksichtigung aller störenden Umstände und Einflüsse gelungen, die Spannung der Elektromotoren constant (wenigstens annäherungsweise) zu machen.

Sogar die Gasarten üben einen solchen eigenthümlich verändernden Einfluß auf die Metalle, so wird z. B. Platina, wenn es in Wasserstoffgas getaucht wird, dadurch positiv, während es in Brom und Chlorgas negativ wird.

Die Eigenschaften, welche die Metalle durch Berührung mit Gasen oder Flüssigkeiten erhalten haben, behalten sie eine Zeit lang und man nennt den Zustand, in welchem sie sich befinden, den der elektrischen Polarisation. War z. B. Eisen einige Zeit in Berührung mit concentrirter Salpetersäure, so wird es von verdünnter Säure gar nicht mehr angegriffen, zersetzt auch nicht mehr Kupferlösungen, sondern ist unthätig, indifferent, oder, wie Schönbein sagt, vollkommen passiv.

Die Volta'sche Säule.

Wenn man zwei Metalle (wir wollen als Beispiel immer Kupfer und Zink nehmen, welche die gebräuchlichsten für diese Zwecke sind) mit einander in Berührung bringt, so werden beide bei der Trennung sich elektrisch zeigen, vorausgesetzt daß man sie an isolirenden Handhaben hält.

Da jedes Paar von Metallen dieselbe Erscheinung giebt, so sollte man wohl meinen, wenn man zehn paar Metallscheiben auf einander häufte, so müßte man eine zehnfache Elektricität bekommen; das geschieht jedoch nicht, und zwar aus sehr natürlichen Gründen nehmen wir drei Paar Zink und Kupfer an:

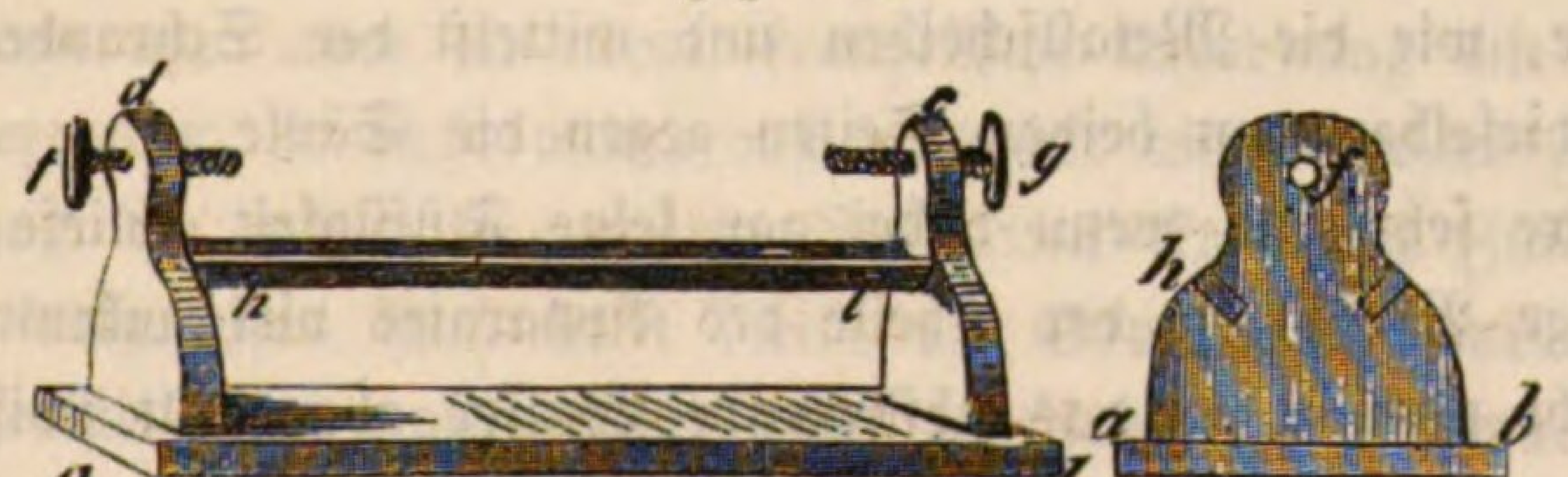
Z K. Z K. Z K.

Das erste Z wird zwar durch das erste K positiv, allein auch das zweite Z wird durch dasselbe K eben so positiv, es ist mithin hier kein Gegensatz vorhanden; eben so wird das erste K zwar durch das zweite Z negativ, aber auch das zweite K wird durch dasselbe Z negativ, es ist also immer Wirkung und aufhebende Gegenwirkung vorhanden bis zu dem ersten Z und dem letzten K, welche sich nicht aufheben, sondern überschüssige + E und — E behalten, aber durchaus nicht mehr, als wenn sie sich unmittelbar berührten.

Als durch Volta's Versuche die übertragende Kraft der Flüssigkeiten entdeckt wurde, da war auch die Möglichkeit, eine solche Anhäufung von Plattenpaaren mit Vortheil zu construiren, gegeben, und die Anordnung derselben ist wie bisher: Zink-Kupfer, Zink-Kupfer, Zink-Kupfer; aber zwischen jedem Paar und dem folgenden Paar schaltet man ein Stück Pappe oder Filz mit Wasser benetzt ein, so daß die Anordnung lautet: ZK feuchter Leiter, ZK feuchter Leiter, ZK u. s. w. beliebig oft wiederholt.

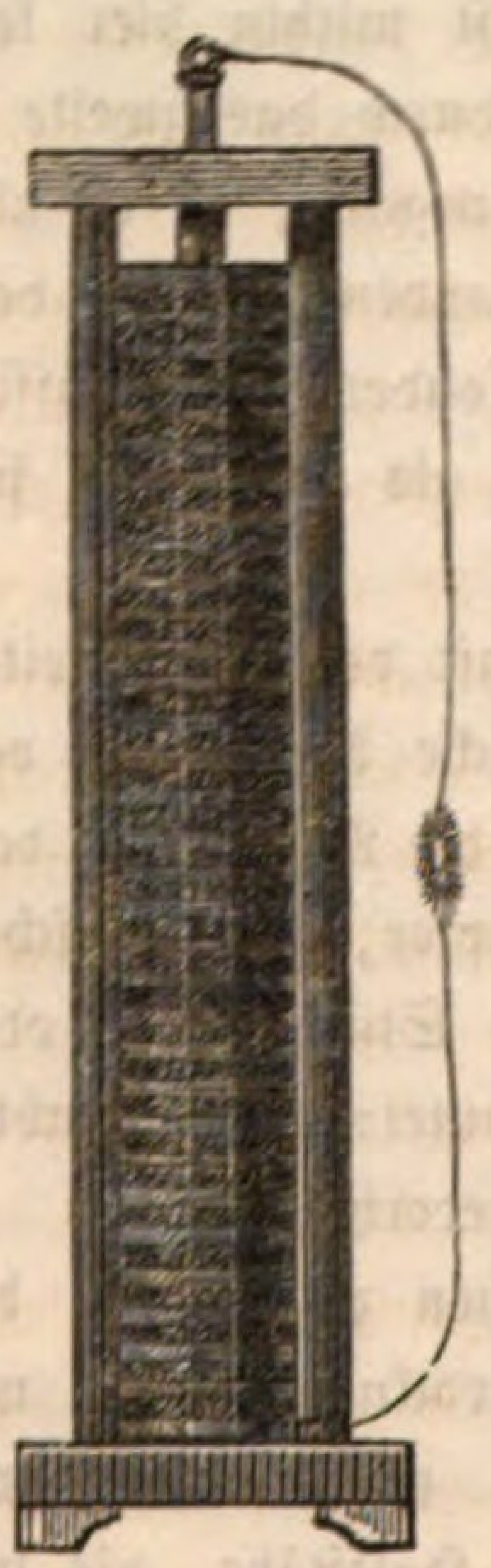
Um dergleichen Plattenpaare viele an einander reihen zu können, bedient man sich eines Gestelles aus einem Brette von trocknem Holz, mit zwei daran aufrecht stehenden Seitentheilen, zwischen denen man zwei ziemlich starke Streifen Spiegelglas, oder wohl sicherer Holzstäbe, die mit Spiegelglas auf einer Seite belegt sind, befestigt.

Fig. 110.



ab ist das Brett, *bc* und *ad* sind die aufrecht stehenden Holztheile, *kl* ist einer der beiden Holzstäbe; in der Seitenansicht ist die Anordnung beider gezeigt: *ab* ist das Brett, worauf die Seitenstücke stehen, *h* ist die Stelle, wo die Leisten schräge liegend eingelassen sind und die verdoppelten Striche deuten an, welche Seite (nämlich die nach oben und nach inwendig gekehrte) mit Spiegelglas (oder Guttapercha) zu belegen sei. Es ist dies zwar kaum nöthig, denn Holz ist für die Berührungselektricität ein so vollkommener Nichtleiter, daß er wenig zu wünschen übrig läßt, allein eine größere Sicherheit und ein vollkommenes Zusammenhalten der erregten Elektricität gewährt doch die Unterlage von Glas jedenfalls.

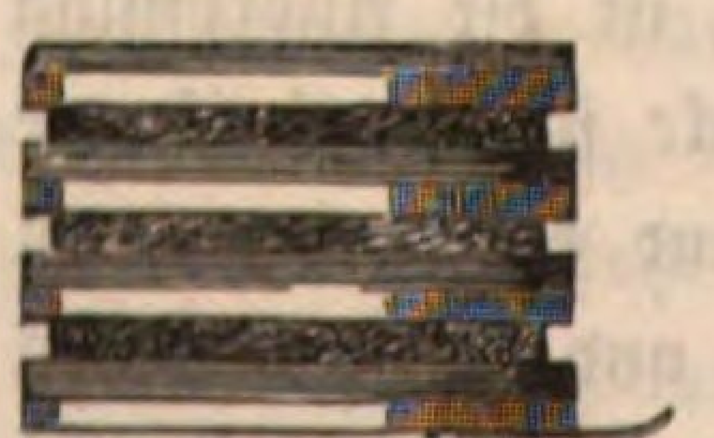
Fig. 111.



Dieses Gestelle ist ein liegendes. Man hat sie auch stehend, wie die Fig. 111 zeigt, wo sie weniger Raum auf dem Tische einnehmen; allein solche Art, die Säule aufzubauen, hat zwei Nachtheile: der geringere ist, daß die Säule nicht hoch aufgebaut werden kann, daß sie schwankt und leicht umfällt, der schlimmere Umstand ist, daß das Gewicht der Metallplatten, wenn sie in der Zahl von 80—100 Plattepaaren auf einander gepackt werden sollen, die unteren ersten Filzscheiben so zusammenpressen, daß erstens ein großer Theil der nöthigen Flüssigkeit entweicht, zweitens dieses abtröpfelnde Wasser (oder was es sonst sei) von Plattenpaar zu Plattenpaar herabrieselt und die Paare an unzweckmäßigen Stellen unter einander verbindet und so die Wirksamkeit der Säule sehr verringert, was alles bei der liegenden vermieden wird, die noch überdies die Möglichkeit gewährt, einen vollkommen gleichmäßigen Druck auf alle zwischen den Endpunkten liegenden Platten und zugehörigen Papp- oder Filzscheiben zu üben. Vor die erste Metallplatte und hinter die letzte legt man ein Stück möglichst dickes Spiegelglas von derselben Größe, wie die Metallscheiben und mittelst der Schrauben f und g drückt man dieselben von beiden Seiten gegen die Säule.

Es wäre sehr gut, wenn dabei gar keine Flüssigkeit abliefe, allein da auf die innige Berührung der Theile des Apparates viel ankommt, so läßt sich dies nicht vermeiden, das abfließende Wasser aber fällt zwischen jedem Plattenpaare und dem folgenden frei hindurch, ohne zwei oder mehr Plattenpaare leitend in anderer als der durch den Aufbau des Apparates gebotenen Art zu verbinden. Die Plattenpaare stehen folgender Art: das weiße unterste Blatt ist Zink, das zweite ist Kupfer, das punktirte ist der feuchte Leiter, eine Filz-, Tuch- oder Flanellscheibe, etwas kleiner als die anderen, gleich großen Metallplatten, es folgt nun immer wieder Zink, Kupfer und Tuchscheibe auf einander bis zum letzten Paare, welches mit Zink und darauf liegendem Kupfer endet, indem der feuchte Leiter nur dann noch nöthig wäre, wenn hinter demselben noch ein Plattenpaar folgte.

Fig. 112.



Es heißt bei dieser Einrichtung das unterste Metallscheibchen der Zink- oder positive Pol, das oberste der Kupferpol oder der negative.

Diese von Volta angegebene Ordnung wird von den französischen Gelehrten nicht befolgt, sie bauen das einzelne Plattenpaar so auf, daß sie zuerst eine Kupferplatte nehmen, darauf die nasse Scheibe und auf diese die Zinkplatte legen. Sie nennen dieses ein Element und bringen, um es in Thätigkeit zu setzen, zwischen Kupfer und Zink eine metallische Verbindung an, z. B. einen Draht.

Dies ist allerdings die nothwendige Form und kein Mensch kann ein einzelnes Plattenpaar anders ordnen, denn wollte er Kupfer auf Zink legen, so würden diese zwar in sich elektrisch werden, jedoch nicht auf einen dritten Körper elektrisch wirken, was man, wie wir später sehen werden, bezweckt. Allein die Franzosen fahren nun fort, eine Säule auf dieselbe Art zu bauen: Kupfer, Leiter, Zink, KLZ, KLZ ꝛc., dabei wird die Ordnung der Pole, wie man leicht sieht, umgekehrt.

1 + KLZ, KLZ, KLZ, KLZ, KLZ —
2 + ZKL, ZKL, ZKL, ZKL, ZK —

Die innere Ordnung ist genau dieselbe, rechts vom Leser ist der Kupferpol, links desselben der Zinkpol und rechts häuft sich nach der ersten Construction die negative Elektricität auf, man nennt daher mit Recht diese Seite den negativen Pol und weil er in der ersten (ursprünglichen hier mit Nr. 2 bezeichneten) Construction mit Kupfer endet, nennt man ihn auch mit Recht den Kupferpol, wie bereits bemerkt, und eben so den andern den Zinkpol; wenn man aber die obere, französische Anordnung mit der darunter liegenden vergleicht, so sieht man, daß dort gar nichts weiter geschehen ist, als daß man die beiden metallenen Endplatten links ein Zink und rechts ein Kupfer fortgelassen hat; sonst bleibt die Säule ganz unverändert dieselbe, die Namen aber passen nicht mehr wie früher, denn was wir Zinkpol nennen, das nennen die Franzosen den Kupferpol, und sie sagen auch, der Kupferpol ist der positive, was zwar ganz richtig, indem es derselbe ist, den wir Zinkpol nennen, der eben positiv ist, was jedoch Anfangs eine babylonische Sprachverwirrung gegeben hat, bis wir Deutsche nachgaben und die Säule eben so aufbauten wie die Franzosen. Das Kupfer aber ist und bleibt das **negative**, das Zink das **positive** Metall, wenn man dasselbe nicht durch Anwendung chemischer Potenzen in seiner elektromotorischen Wirkung verändert.

Sogenannte galvanische Ketten.

Da bei den tausendfältigen Versuchen über diesen neuen Gegenstand sich sehr bald herausstellte, daß die Wirkung der Säule bei weitem mehr

von der Anzahl als von der Größe der Plattenpaare abhängig, so begann man die eine zu vermehren, die andere zu vermindern, man nahm statt hundert zweihundert und zweitausend Plattenpaare, und man nahm statt der Platten von Thalergröße, welche von Gulden- und endlich von Pfennig-größe, der Verfasser selbst besitzt eine Volta'sche Säule von zweihundert Pfennigen, welche mit entsprechend großen Zinkplättchen zusammen gelöthet sind und mit Salzwasser auf einer hölzernen Rinne geschichtet, eine für jeden Laien in der Naturlehre an das Unglaubliche gehende Wirkung zeigen, so daß Jemand, der einen Schlag von der vollen Säule erhalten hat, schwer zu bewegen ist, einen zweiten zu versuchen.

In neuerer Zeit spukte der Unsinn mit den sogenannten galvanischen Ketten auf eine Schrecken erregende Weise in unzähligen, sonst ganz verständigen Köpfen. Ein Herr Goldberger aus einem österreichischen Grenzstädtchen hat diesen Spuk benutzt und Hunderttausende damit gewonnen, indem er einige zolllange Stückchen Zinkdraht und Kupferdraht zu einer Kette verflocht, die beiden Enden durch ein Glasröhrchen, mit Salz gefüllt, schloß und diesen unbrauchbaren und nachweislich unwirksamen Humbug an die Gläubigen für 1 ½ bis 3 Thaler verkaufte, während er ihm höchstens 1 Silbergroschen kostete.

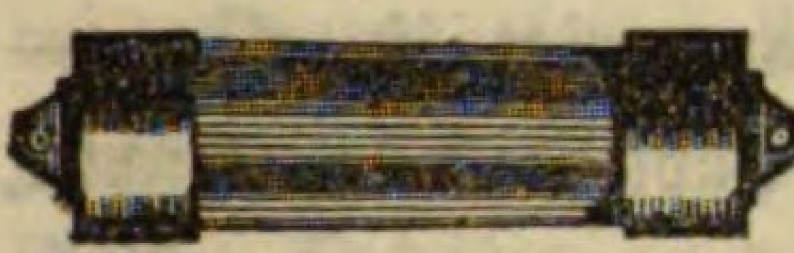
„Nachweislich unwirksam" sagte der Verfasser und so ist es. Aus an einander gereiheten Kupfer- und Zinkstücken entsteht keine Volta'sche Säule, es fehlt der feuchte Zwischenleiter. Der Unsinn, daß der Schweiß des menschlichen Körpers, an welchen man diese Ketten legen sollte (als höchst wirksam gegen Gelbsucht, Rheumatismus, Cholera, Gicht, Steinschmerzen, Wassersucht, Migräne, Halsschwindsucht, kaltes Fieber, schweißige Füße, Taubheit ꝛc. ꝛc. — die tollsten, widersinnigsten Zusammenstellungen kamen dabei zum Vorschein), diesen feuchten Leiter ersetzen sollte, liegt klar zu Tage und wurde doch von keinem Physiker widerlegt, außer einmal in Casper's medicinischer Zeitschrift. Die Feuchtigkeit des menschlichen Körpers könnte dies bewirken, wenn sie sich die Mühe gäbe, immer nur ein Paar vom andern, nicht eine jede Platte von der andern zu trennen, aber dann auch vollständig etwa durch Verbindung, durch Concentration des Schweißes zu einer Salbe von Wachsconsistenz, da sie dieses aber nicht thun will, sondern sich an jedes Glied setzt, aber nur ganz dünn und ohne die metallische Berührung zu hindern, so findet mit jedem neuen Kettengliede die Aufhebung der Wirkung des vorigen statt.

Es bliebe nun noch das erste Zink- und das letzte Kupferglied übrig und hiermit wäre (wenn schon abgeschwächt durch die Vervielfältigung der Unterbrechungsstelle in dem Zwischenleiter durch die demselben gegebene

Kettengestalt) noch eine Spur von Wirkung möglich, denn Salz ist ja einer der Erreger der Berührungselectricität.

Hier aber zeigt sich der Witz und der Grad von physikalischer Kenntniß des Erfinders der galvanischen Kette in auffallendster Weise. Wenn durch ein Plattenpaar auf irgend einen Gegenstand eine elektrische Wirkung hervorgebracht werden soll, so muß dieser Gegenstand befeuchtet zwischen die Platten gebracht werden und diese müssen äußerlich durch einen Draht verbunden sein. Wenn man sie aber auch innerlich durch einen Draht verbindet, so hört natürlich jede Spur von Wirkung auf.

Fig. 113.



Dieses hat Herr Goldberger fertig bekommen. Die Fig. 113 zeigt das Glasröhrchen einer Dreithalerkette in natürlicher Größe. An die beiden Fassungen von Kupfer ist einerseits ein Zink-, andererseits ein Kupferglied der ganzen Kette befestigt; in der Röhre befindet sich das Arkanum, welches die Wunderwirkung der Kette bedingt — es ist Küchensalz. Allein der Hauptspaß ist, daß, um die kleinen Fassungen an dem Glasröhrchen zu halten, von dem einen zu dem anderen mitten durch die Röhre (verborgen durch das Salz) ein Kupferdraht läuft, äußerlich umgebogen zu einem Kettenringe, in welchen die anderen Kettenglieder greifen.

Würde also nach Abzug aller übrigen (als continuirlicher Draht betrachtet, der jedenfalls viel besser wäre) in dem letzten Kupfer- und letzten Zinkstücke, zunächst der Glasröhre, noch eine Wirkung möglich gedacht werden können, so wäre sie durch das Stück Kupferdraht, welches durch die Röhre läuft und sie auch von der anderen Seite verbindet, die Wirkung unmöglich gemacht.

Die neuere Zeit hat so viel von der Nothwendigkeit der Preßfreiheit gesprochen, weil sie zur Aufklärung des Volkes erforderlich, am lautesten erhoben immer die Zeitungsredacteure ihre Stimme; allein über diesen Gegenstand die nöthige Aufklärung zu verbreiten, und das Volk vor einem unverschämten Betruge zu warnen, fiel keinem Redacteur ein; ja mehrere Zeitungen wiesen von dem Verfasser eingereichte Aufsätze, diesen Gegenstand berührend, zurück, weil sie sonst der Insertionsgebühren verlustig gehen möchten, welche ihnen von den Verkäufern der galvanischen Ketten zuflossen.

Dieselbe Bewandtniß der völligen Unwirksamkeit hat es auch mit den galvanischen Ringen und Federhaltern gegen den Schreibkrampf, es ist Eins wie das Andere eine Speculation auf den Geldbeutel leichtgläubiger Menschen.

Wirklich galvanische Ketten.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die galvanische Elektricität gegen gewisse Krankheitserscheinungen vortreffliche Dienste leistet und werden wir nicht versäumen, hierüber das Nöthige beizubringen; eben so kann man nicht verkennen, daß es wünschenswerth wäre, eine kleine und leicht bewegliche Volta'sche Batterie zu haben, welche nicht nach jedem Gebrauch aus einander genommen werden dürfte; auch ist nichts leichter als dies zu bewerkstelligen, nur darf es nicht auf die obige Weise geschehen.

Wenn man sich gleich große Zink- und Kupferstückchen von sehr dünn gewalztem Blech und von der Form, welche hier angezeigt ist,  schneiden läßt und mit zwischengelegtem, ungeleimtem Papier sie so schichtet, daß immer ein Zink- und ein Kupferplättchen mit in entgegengesetzter Richtung gestellten Streifen  über einander liegen, so hat man die nöthigen und wirksamen Elemente zu solcher Säule; man biegt nun die beiden Streifen mit einer feinen Drahtzange zu Oesen und hängt jedesmal einen Zinkstreifen in einen Kupferstreifen.

Vorläufig ist dieses eine trockne Säule, mit ihr am Elektrometer unzweifelhaft die Elektricität nachzuweisen, ist die Kette aber aus 50 Elementen zusammengesetzt (100 sind begreiflich noch viel wirksamer) und man legt dieselben 1 Minute lang in Essig und faßt sie darauf mit nassen Händen an den Enden an, so wird man wohl empfinden, daß sie eine recht tüchtige physiologische Wirkung hat.

Es darf wohl kaum gesagt werden, daß die einzelnen Plattenpaare vor ihrer Verkettung mit einander durch einen Seidenfaden umschlungen werden müssen, so daß sie beim Aneinanderhängen nicht getrennt werden. Auf dem Zusammenliegen eines solchen Kupferplättchens mit einem Zinkplättchen, nur getrennt durch das Stückchen Papier, beruht die Wirkung der beweglichen Volta'schen Säule.

Ein Herr Pulvermacher hat vor einigen Jahren eine solche bewegliche Säule aus lauter Draht gemacht. Er wickelt über einen dünnen Bleistift ein Ende Kupferdraht, so daß es eine weitläuftige Spirale von etwa 1 Zoll Länge giebt und läßt beiderseitig Enden von ½ Zoll von dem Drahte stehen, die zu Oesen gebogen werden.

Zwischen die Windungen des Kupferdrahtes bringt man eben so viele Windungen Zinkdraht, damit sie einander jedoch nirgends berühren, so wickelt man überall zwischen die beiden entstehenden Spiralen einen langen starken Zwirnfaden auf.

Dieses ist das Element, es besteht aus zwei Spiralen von Kupfer und

von Zink mit dem feuchten Leiter Flachs oder Hanf. Die Enden des Zinks stehen nach entgegengesetzter Richtung wie die des Kupfers.

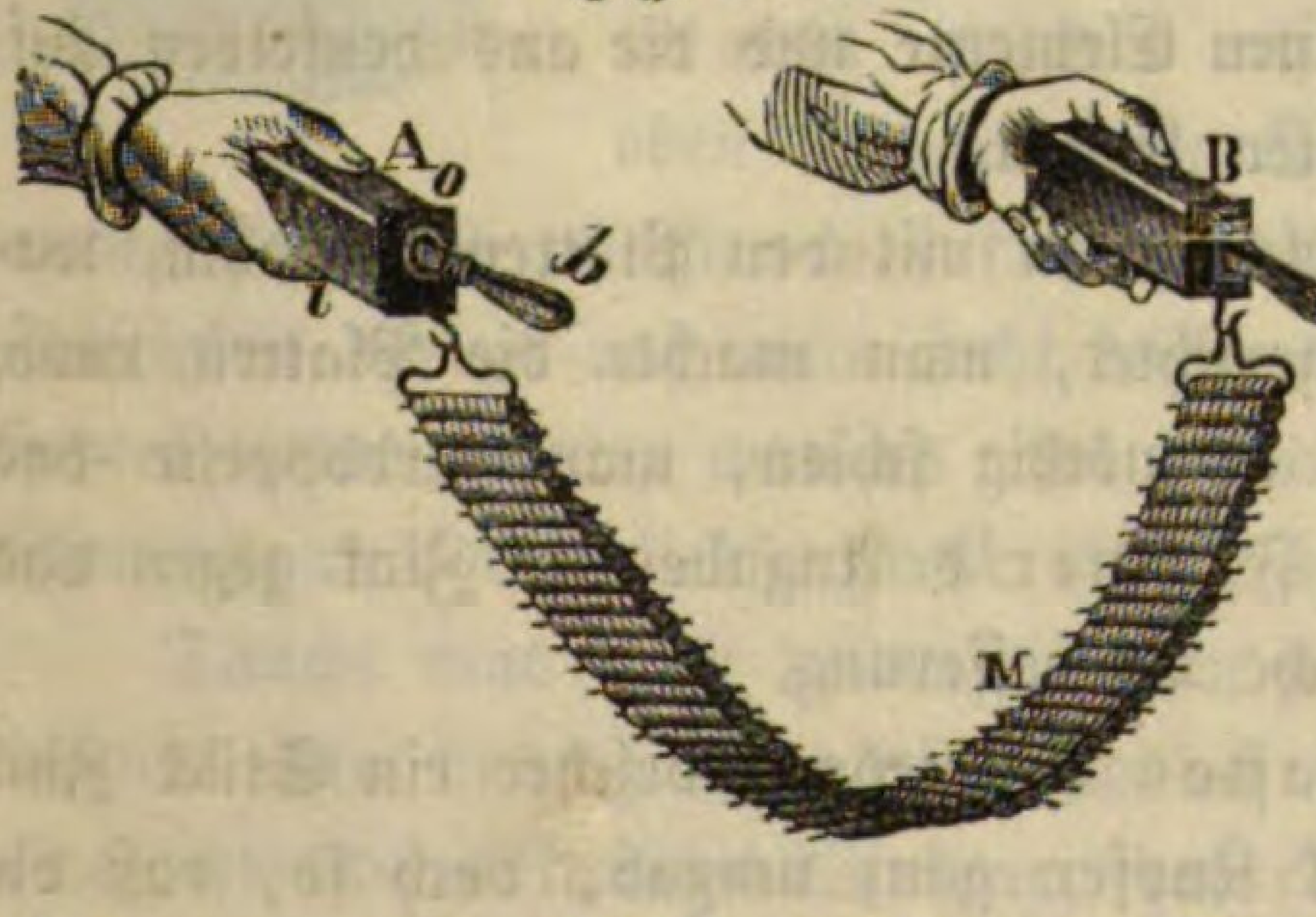
Es versteht sich von selbst, daß man zur Unterlage der Spiralen nicht einen Bleistift, sondern ähnlich dünne Stäbchen von leichtem Holz nehmen wird (Bleistift war nur beispielsweise genannt), denn das Stiftchen muß in der Doppelspirale bleiben, weil derselbe sonst beim Herabziehen davon aus einander gehen würde.

Hat man sich auf solche Weise eine beliebige Anzahl Doppelspiralen verschafft, wovon alle Kupferdrahtenden zu Ringen gebogen, die Zinkenden aber gerade geblieben sind, so legt man sie mit den Breitseiten an einander, so daß sämmtliche Kupferösen nach einer, die geraden Zinkenden aber nach der entgegengesetzten Richtung sehen. Nunmehr zieht man allezeit die beiden geraden Zinkdrähte durch die nächstgelegenen Kupferösen und biegt mit einer kleinen Drahtzange diese geraden Enden gleichfalls zu Oesen um. Man hat dann zuerst den Zinkdraht des ersten Paares mit dem Kupferdraht des nächsten verbunden, und verbindet man den Zinkdraht dieses zweiten mit dem Kupfer des dritten und so fort bis zum letzten, wodurch man ein 1 Zoll breites, gelenkiges Band von lauter an ihren beiden Enden verknüpften Doppelspiralen erhält, wobei das Kupfer des allerersten und das Zink des allerletzten ohne Verbindung ist.

Diese offenen Enden sind die Pole. Legt man die ganze Kette in Essig und berührt man die äußersten Enden mit nassen Händen, so erhält man, falls die Zahl der Glieder groß genug war, einen starken Schlag, der sich so oft wiederholt, als man die Berührung aufhebt und wieder erneuert. Läßt die Wirkung nach, so darf man die ganze Kette nur nochmals ½ Minute lang in Essig legen, um sie wieder in voller Thätigkeit zu sehen.

Die eingeschaltete Figur 113a zeigt die Anwendung derselben. *A* und *B* sind zwei metallene Handhaben, in welche an der Vorderfläche o dünne Stiele *b* eingeschraubt sind, welche Häkchen *i* tragen, an denen die Kette *M*, welche die hier gegebene breite Form hat, aufgehängt werden kann. Je größer die Berührungsfläche ist, welche die Handhaben der benetzten Hand bieten, eine desto vollständigere Entladung des elektrischen Stromes findet durch dieselbe statt.

Fig. 113a.



Je länger die Kette ist, desto stärker ist begreiflicherweise die Wirkung,

und man kann schon sehr bedeutende Erschütterungen bekommen, wenn man an jede der Handhaben eine besondere, durch Essig thätig gemachte Kette hängt, indem die beiden frei herabhängenden Enden derselben durch pendelartige Schwingungen einander berühren und sich wieder trennen lassen. Es darf wohl kaum gesagt werden, daß man keine Wirkung bekommen wird, wenn man an jede Handhabe ein Zink- oder ein Kupferende hängt. Die eine Kette muß mit dem Zink-, die andere mit dem Kupferende daran befestigt sein.

Da der elektrische Strom durch häufige Unterbrechungen viel lebhafter erschütternd wirkt, als wenn er continuirlich den Körper durchströmt, so ist der Stiel *b* bei den neuesten Einrichtungen von Holz oder Glas, die daranhängende Kette ist also gar nicht in leitender Verbindung mit der metallischen Handhabe, dagegen trägt eine kleine Federvorrichtung, deren Spitze auf den metallenen Pol der Kette trifft und so eine Schließung und Oeffnung in ununterbrochener Aufeinanderfolge einleitet, welches die Wirkung dieses kleinen Apparates ins Erstaunliche erhöhet.

Die Bequemlichkeit, welche diese Ketten gewähren, ist sehr groß, denn es ist außerordentlich langweilig, jedesmal nach dem Gebrauch alle Platten aus einander zu nehmen und ein andermal wieder zusammen zu setzen, etwas, das nicht zu umgehen ist, indem die Platten oxydiren und dann ihre Wirkung aufhört. Hier bei diesen kleinen Apparaten hat man nichts zu thun als sie nach dem Gebrauch 1 Stunde lang in Regenwasser zu legen und dann zu trocknen; das Wasser macht den Essig, welcher die Drähte angreift, unwirksam und bei späterem Gebrauch ist die außerordentlich feine Oxydschicht durch den von neuem angewendeten Essig sofort beseitigt.

Elektrische Elemente nach Wollaston und Fechner.

Bevor wir zu den Wirkungen der Berührungselektricität übergehen, müssen wir die verschiedenen einzelnen Elemente und die aus denselben aufgebauten verschiedenen Säulen kennen lernen.

Die ersten Veränderungen, welche man mit den Platten vornahm, waren Anfangs bloß auf die Form gerichtet, man machte die Platten rund, viereckig, groß, klein, je nachdem es nöthig schien, man verdoppelte das Kupfer gegen das Zink, dann nach Fechner's Angabe das Zink gegen das Kupfer und erlangte so schon manche Verbesserung.

Die erste wurde durch Wollaston angegeben, welcher ein Stück Zink mit einem doppelt so großen Stück Kupfer ganz umgab, doch so, daß die beiden Metalle sich nirgends berührten. Früher war Kupfer und Zink nur auf der Seite, wo sie einander gegenüber standen (getrennt durch den

feuchten Leiter), thätig, jetzt war das Zink von beiden Seiten mit Kupfer umgeben, also war dadurch die thätige Fläche verdoppelt; zwar ist auch die Fläche des Kupfers jetzt doppelt so groß als die des Zinks, aber man hat jedenfalls etwas gewonnen, denn das Zink ist nicht verdoppelt und die scheinbare Größe des Plattenpaares ist nicht verändert, es hat keine bedeutendere räumliche Ausdehnung erhalten.

Fechner fragte: warum verdoppelt man denn das theure Kupfer? eine Verdoppelung des Zinks würde dasselbe thun. Er hat hierin auch ganz Recht und man macht seitdem die Wollaston'schen Elemente häufig nach seiner Angabe. Am einfachsten folgendermaßen: Ein Stück Zink doppelt so lang als breit wird zu einem Cylinder zusammengebogen und genietet und dann flach gedrückt, daß er etwa die Form eines fingerdicken Buches erhält.

An einem Ende läßt man einen fingerbreiten Streifen von 1 Zoll Länge vorstehen.

Eine Kupferplatte, welche so bequem in diese Hülse paßt, daß sie durch Holz- oder Pappstücken auf ihrer hohen Kante in dieselbe eingeklemmt werden muß, wird zwischen die Zinkhülle auf die angegebene Art eingeschoben. An derselben Stelle, wo das Zink eine kleine Verlängerung hat, steht auch bei dem Kupfer ein Ende vor.

Fig. 114.



Die nebenstehende Fig. 114 giebt eine Durchschnittsansicht des beschriebenen Plattenpaares. *zz* sind die beiden Zinkplatten, deren seitliche Verbindung hier weggeschnitten gedacht werden muß. Zwischen beiden steht die Kupferplatte *s*, so daß sie nirgends das Zink berührt. Alle drei Platten, die doppelte Zink- und die einfache Kupferplatte, gehen durch das Holzstück, welches oben quer über dem in der Zeichnung angegebenen Glase liegt und dazu dient, das Element schwebend zu erhalten, falls es nicht wie hier auf dem Boden steht; ferner durch die oben angebrachten Schrauben Verbindungen eines Elements mit den nächsten u. s. f. zu ermöglichen. In dem Glase steht die Flüssigkeit bis *A* und man sieht leicht ein, daß dieser Stand beliebig verändert werden kann, man es also dadurch in seiner Gewalt hat, von dem Plattenpaar eine beliebig große Fläche in Wirkung treten zu lassen.

Taucht man diese beiden Platten in Wasser, so wird die Kupferplatte negativ und das Zink positiv und bei der Verbindung beider erhält man eine schwache elektrische Wirkung, der eben gemachten Angabe entsprechend. Taucht man den Apparat in eine Säure, so soll das Kupfer sehr stark positiv, das Zink zwar auch positiv, aber sehr schwach werden. Daher das

Positive auf Seiten des Kupfers vorwaltend ist, es müßten sich die Wirkungen eines solchen Apparats daher umkehren, ein Galvanometer (von diesem Apparate später ausführlich) müßte, wenn es früher eine östliche Abweichung angab, nunmehr eine westliche zeigen. Der Verfasser hat hierüber eine Reihe von Versuchen angestellt, hat dieses jedoch nicht finden können, sondern sah immer nur, er mochte die Säuren verwechseln wie er wollte, unter sonst gleichen Umständen eine Abweichung nach derselben Richtung, also keine Umkehrung der Polarität, wohl aber eine bedeutende Verstärkung der Wirkung.

Der eben beschriebene Apparat hat schon im kleinsten Format eine nicht unbedeutende Kraft. Wenn man einen Fingerhut von Silber platt quetscht und dahinein ein Streifchen Zink steckt, so daß es, etwa mit Löschpapier umwickelt, das Silber nirgends metallisch berührt, diese Berührung aber durch ein ganz kleines Stückchen des feinsten Platindrahtes bewerkstelligt und dann verdünnte Schwefelsäure in den Fingerhut gießt, so wird alsbald das Drähtchen glühend.

Eine andere Art, große Platten zur gemeinsamen Wirkung zu bringen, ist folgende:

Hare's Spirale.

Fig. 115.

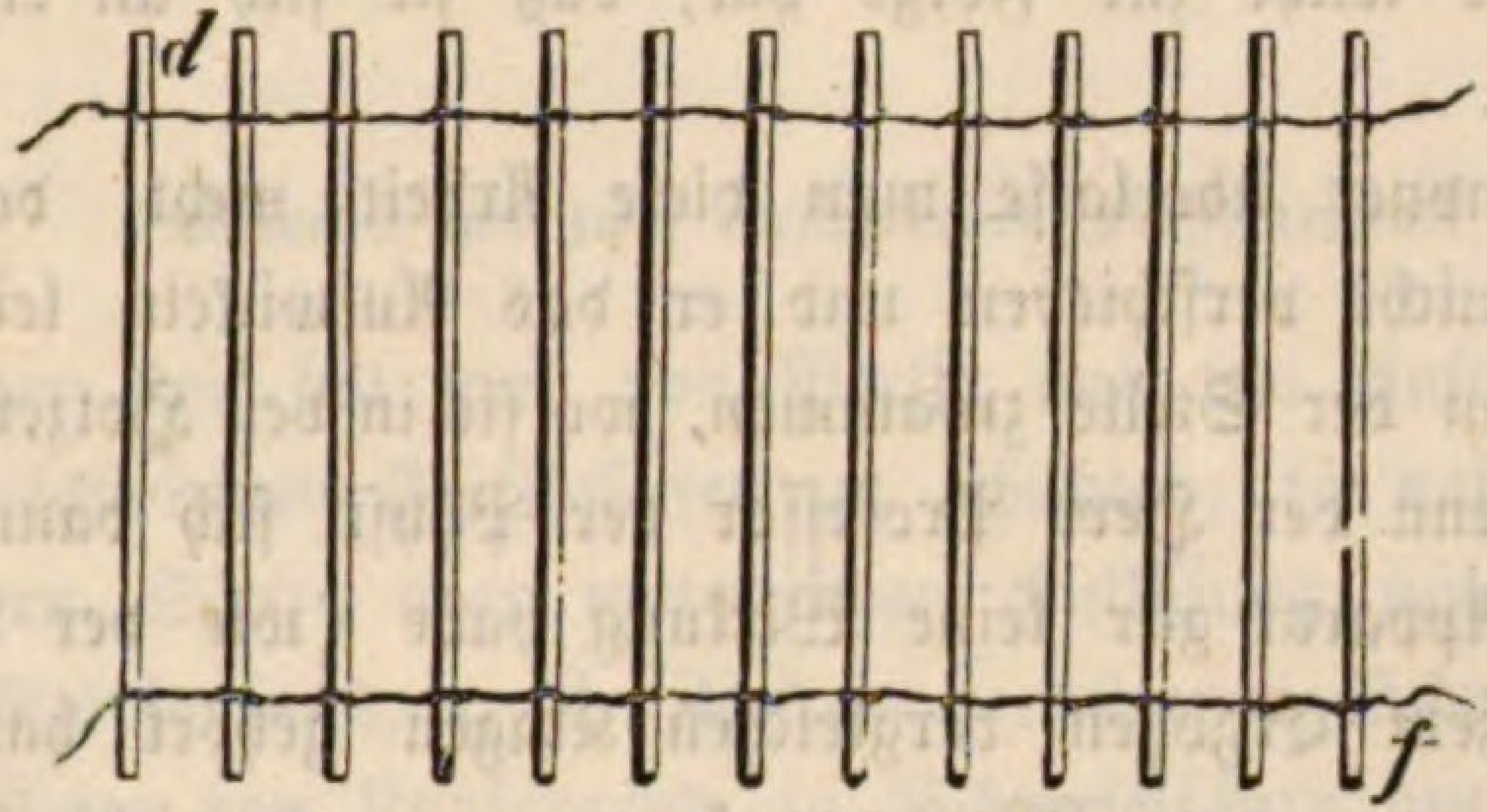


Man läßt sich einen Cylinder von Buchenholz, mit einem Handgriffe daran, drechseln (wer nicht auf die Eleganz des Apparates sieht, kommt auch mit einem Ende Besenstiel zum nämlichen Resultat) und schneidet denselben mit einer stark ausgesetzten Säge (die einen möglichst weitläuftigen Schnitt macht) etwas länger auf als die angewendeten Metallplatten breit sind, so daß der Schnitt *b c* recht die Mitte des Stückes Holz trifft. Unten bei *c* ist vor dem Aufschneiden eine Rille in den Cylinder gedrechselt oder geschnitten, so daß man einen Bindfaden hinein legen und damit den Holzcylinder fest zusammen schnüren kann.

Man macht sich nun aus schwachem Bindfaden und dünnen Holzstäbchen zwei Leitern *d f* (Fig. 116), welche so lang sein müssen wie die Metallplatten sind. Diese letzteren, Kupfer und Zinkblech, haben einen fingerbreiten, vorstehenden Streifen von etwa 2 Zoll Länge, bestimmt um kupferne Klemmen aufzunehmen, mittelst deren man Drähte oder andere Gegenstände in den Kreis der elektrischen Wirksamkeit bringen kann.

Man legt eine der beiden Platten auf einen Tisch, legt eine von den hölzernen Leiterchen darauf, dann kommt die andere Metallplatte und nun

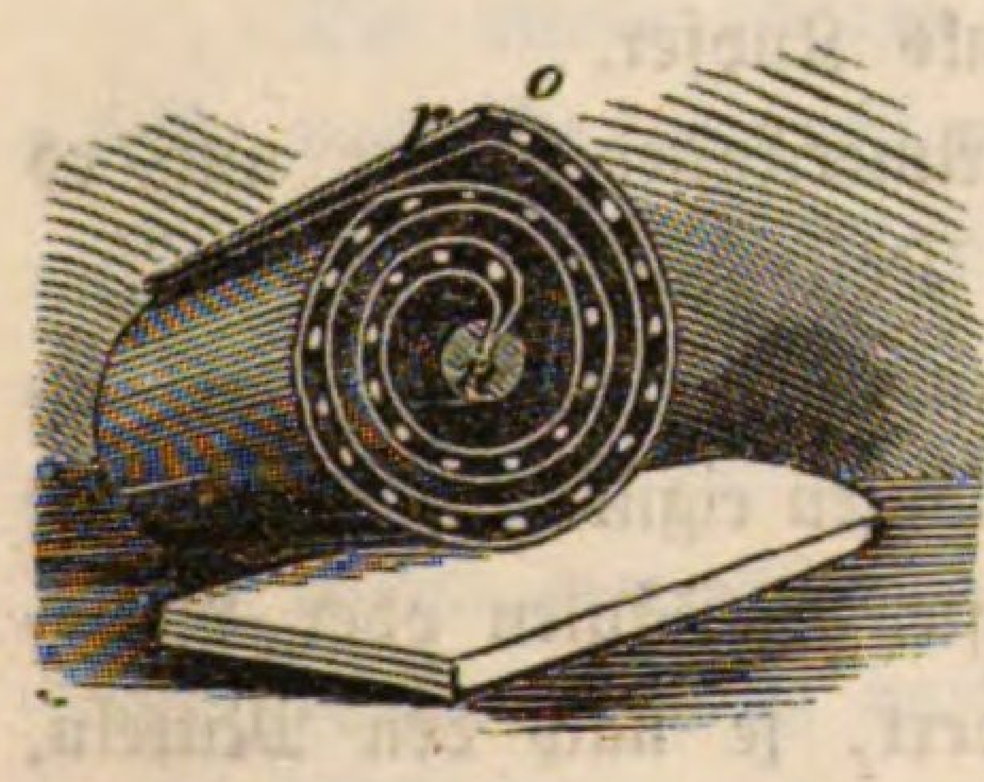
Fig. 116.



das zweite Leiterchen. Diese vier Gegenstände klemmt man in den eben deshalb weit geschnittenen Spalt des Holzcylinders, Fig. 115, doch so, daß sich die beiden Metalle dabei nicht in einem Pünktchen berühren.

Nunmehr legt man einen starken Bindfaden ein paar Mal in die Rille des Holzcylinders, schnürt und knüpft ihn fest und darauf benetzt man ihn mit Wasser, wodurch der Hanf sich zusammen und die beiden Hälften des Cylinders sehr fest an einander zieht. Bei dem Einlegen des Plattenpaares müssen die geraden Seiten in den Spalt kommen; damit die anderen mit den beiden Lappen an den letzten äußersten Enden stehen.

Fig. 117.



Hat man Alles so weit vorbereitet, so thut man wohl, die Zinkplatte über einem Kohlenfeuer oder über ein paar Spirituslampen so weit zu erwärmen, daß die Hand dieselbe eben noch berühren kann, ohne sich dabei zu verbrennen, in diesem Zustande ist Zink leichter zu biegen. Nunmehr faßt man den Cylinder mit beiden Händen, stützt die zusammen geklemmten Platten auf einen festen Tisch und rollt Alles zusammen solchergestalt, daß die Spirale *nor* daraus entsteht, in welcher der Cylinder *n* (gleich *abc*, Fig. 115) in der Mitte steht und die beiden Platten mit den Leitern sich um ihn schlingen.

Dieser Leitern müssen zwei sein, denn es kommt nicht allein darauf an, die Platten in ihrer ersten Lage außer Berührung mit einander zu halten, sondern auch (und zwar eben so sehr) darauf, daß sie bei der spiralförmigen Schlingung um einander sich nunmehr eben so wenig berühren.

Beinahe noch leichter als durch die Leitern wird dies dadurch bewerkstelligt, daß man vorher naßgemachten starken Bindfaden um jede einzelne Platte schlingt, so daß die Schlingungen höchstens 1 Zoll von einander abstehen. Thut man dieses mit trocknem Bindfaden, so verkürzt sich derselbe

beim Eintauchen in die Flüssigkeit, schnürt die Platten zusammen und biegt sie krumm, was leicht zur Folge hat, daß sie sich an einer unpassenden Stelle berühren.

Dem Klempner überlasse man diese Arbeit nicht, der löthet wohl, damit sie sich nicht verschieben und er das Aufwickeln leichter habe, die beiden Platten an der Stelle zusammen, wo sie in den Holzcylinder geklemmt werden, und wenn der Herr Professor der Physik sich dann darüber wundert, daß der Apparat gar keine Wirkung habe (wie der Verfasser dieses selbst mit großem Ergötzen dergleichen Klagen gehört hat), so ist das weiter kein Wunder; vom Klempner kann man es nicht besser verlangen und ein Physiker wird den Fehler auch auf den ersten Blick entdecken; aber freilich, das Oberlehrerexamen macht wohl Lehrer der Physik, aber nicht Physiker.

Nach der vorgezeichneten Anordnung construirt, kann man so sehr große Plattenpaare in einem kleinen Raum wirksam machen, z. B. in einem großen Weißbierglase ein Plattenpaar von 4 Quadratfuß, in einem ⅛-Viertönnchen Plattenpaare von 36 Quadratfuß, und sie sind doppelt wirksam, denn mit Ausnahme der letzten äußersten Schicht sind alle von beiden Seiten in Thätigkeit, weil jeder Quadratzoll Kupfer rechts und links von sich Zink hat und eben so jede Hand breit Zink rechts und links Kupfer.

Der Erfinder dieses Instrumentes ist der Amerikaner Hare und es heißt nach ihm der Hare'sche Calorimotor oder Deflagrator.

Man sieht leicht, daß auf diese Art noch mancherlei Anordnungen erdacht werden können, welche sich denn auch zu Säulen eignen, doch sind die gedachten die besten mit einer Flüssigkeit. Um sie zu Säulen oder Batterien zu vereinigen, befestigt man zehn oder hundert, je nach den Mitteln, über die man disponiren kann oder den Zwecken, welche man vor sich hat, an einem starken Holzstab neben einander, so daß jeder der Apparate in ein Glasgefäß (natürlich alle zusammen in eben so viele Gefäße gleichzeitig) getaucht werden kann. Man verbindet dabei das Kupfer des ersten mit dem Zink des zweiten, das Kupfer des zweiten mit dem Zink des dritten und so fort das Kupfer des vorletzten mit dem Zink des letzten Elements. Hierdurch bleibt das Zink des ersten und das Kupfer des letzten Paares frei, das sind die Pole der Batterie. Wenn deren viele sind, so ordnet man sie so, daß sie in Hufeisenform oder im Zickzack zu stehen kommen und schließlich Kupferpol und Zinkpol so nahe wie möglich zusammen kommen.

Hier ist die Stelle, wo die zu untersuchenden Gegenstände zwischen die Pole gebracht werden, wo man die energischen Wirkungen einer Säule

von vielen Platten benutzen kann, um alle darauf bezüglichen Experimente zu machen.

Elemente mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten.

In neuerer Zeit hat man von Berlin aus den Anstoß gegeben, Elemente mit verschiedenen Flüssigkeiten zu schichten, so daß jedes Metall in einer besonderen Säure oder metallischen Auflösung und zwar von sehr verschiedener Stärke steht, z. B. Zink in verdünnter Schwefelsäure, Kupfer in einer Auflösung von Kupferoxyd, in Schwefelsäure mit Wasser verdünnt (d. h. Auflösung von Kupfervitriol). Diese Verfahren sind von Becquerel, Daniell, Grove und Bunsen sehr erweitert und vervollständigt und von ihren Zusammenstellungen angegeben worden, welche sich theils durch die Bequemlichkeit, anhaltend gleich starke Ströme von mäßiger Spannung zu gewähren, theils dadurch auszeichnen, daß sie Ströme von einer bis dahin nicht gekannten Stärke und auch wenigstens für mehrere Stunden von gleichbleibender Kraft bieten. Solche Zusammenstellungen nennt man constante Ketten und die daraus gebildeten Säulen nennt man constante Batterien.

Die älteste ist die Daniell'sche Batterie (die Franzosen nennen dieselbe nach Becquerel, welcher sie etwas später als Daniell noch einmal zu erfinden das Glück hatte); ihr, wie aller constanten Batterien Hauptstück, ist ein an seinem unteren Ende verschlossener Cylinder von gebranntem porösen Thon, der nicht glasirt ist, also Feuchtigkeit durchsickern läßt (so daß, wenn man Wasser herein gießt, derselbe auch auswendig naß wird), dieser Cylinder muß vorhanden sein, denn er dient, um die beiden verschiedenen Flüssigkeiten, die man anwenden muß, getrennt zu erhalten.

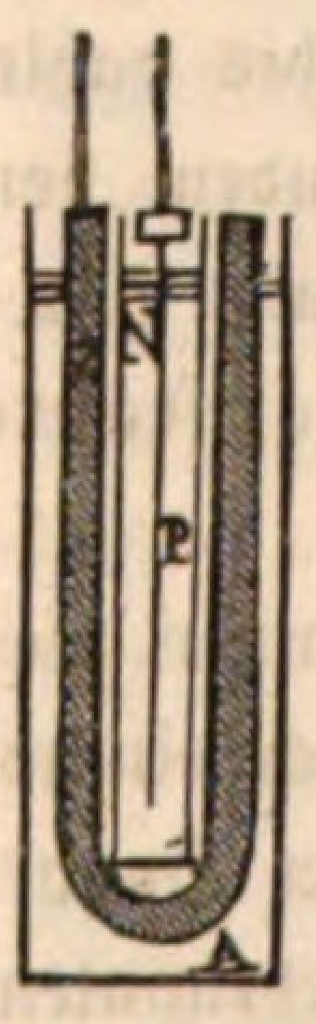
Man stellt diesen Thoncylinder in ein cylindrisches Glas von gleicher Höhe, doch größerem Durchmesser (etwa im Ganzen 1 Zoll weiter). Den Thoncylinder füllt man mit sehr verdünnter Schwefelsäure bis zur Hälfte, den Glascylinder eben so hoch mit einer gesättigten Auflösung von Kupfervitriol. In dieses äußere gläserne Gefäß mit der Metallauflösung stellt man einen Cylinder, der größer wie das Thongefäß und kleiner als das Glas, von Kupfer so getrieben ist, daß er keins der Gefäße berührt und auf dem Boden des ersteren gerade aufsteht. In den Thoncylinder setzt man einen aus Zinkblech gebogenen Cylinder, der auch die Wandung des Thongefäßes nicht berührt. Man füllt hierauf in beide Gefäße von denjenigen Flüssigkeiten so viel zu, daß sie bis auf ½ Zoll vom Rande voll sind und daß sie gleich hoch voll sind.

An dem oberen Ende eines jeden Metallcylinders ist eine Verlängerung von etwa ¾ Zoll Breite und 1 Zoll Länge, dazu dienend, eine Schraubzwinge daran anzubringen, um die nöthige Verbindung zwischen den Theilen dieses Apparates herstellen zu können. Diese Lappen dürfen nicht angelöthet, sie müssen aus dem Bleche in einem Stück mit dem Cylinder geschnitten sein.

Daniell's Element.

Die nebenstehende Figur giebt der größeren Deutlichkeit wegen diese Anordnungen im Durchschnitt und in einer Seitenansicht; die erste (Fig. 118) giebt den Durchschnitt des Daniell'schen Elements. Die äußerste Linie *A* stellt das cylindrische, unten geschlossene Kupfergefäß vor, der darin enthaltene schraffirte Theil *Z* deutet den Thoncylinder an, der unten gewölbt ist, was zwar nicht eigentlich bequem, aber insofern zweckmäßig ist, als dadurch auch die unterste kreisförmige Fläche, der Metallcylinder, in Wirksamkeit tritt. Die innere Zeichnung *N* giebt den Zinkcylinder, der hier massiv angenommen wird, und *P* ist ein langer Kupferdraht, welcher in den Zinkcylinder eingeschraubt oder eingeschmolzen ist. Der Draht ragt, wie die Fig. 118 zeigt, über den Zinkkolben empor; dasselbe ist der Fall mit einem ähnlichen Draht, der in dem Kupfercylinder entweder eingeschraubt oder auswendig hart angelöthet ist (d. h. mit Kupfer oder Messing, denn eine Löthung mit Zinn wird schnell angegriffen und durch die Säuren bald zerstört).

Fig. 118.

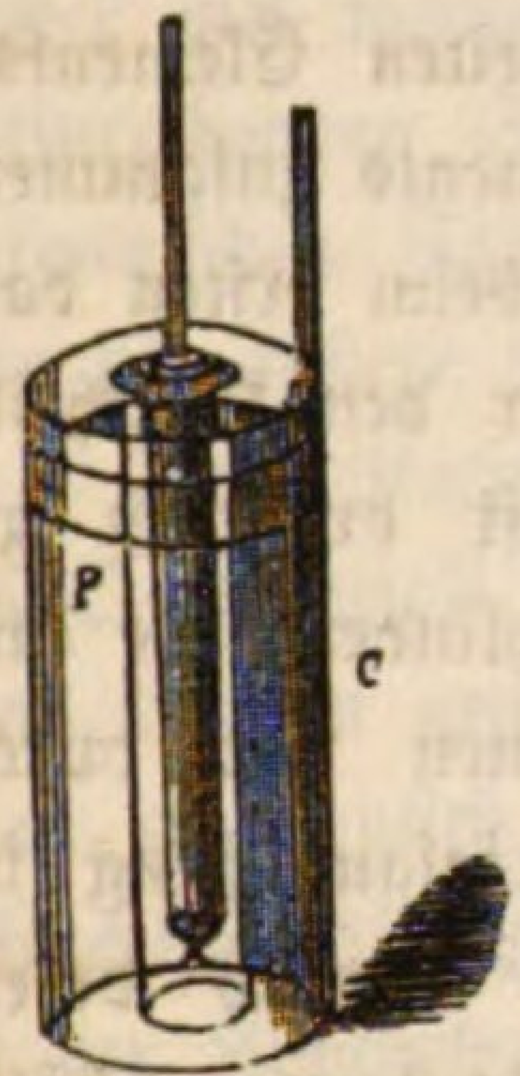


In den Kupfercylinder, der hier zugleich als Gefäß zur Aufnahme der Flüssigkeiten dient, gießt man eine möglichst concentrirte Auflösung von Kupfervitriol in destillirtem Wasser, und in den Thoncylinder, in welchem der Zinkkolben steckt, gießt man sehr verdünnte Schwefelsäure (1 Theil Nordhäuser Schwefelsäure auf 30 bis 60 Theile Wasser, je schwächer die Säuerung ist, desto schwächer ist zwar die Wirkung, desto länger aber bleibt sie unverändert, sie wird annäherungsweise constant).

In der Fig. 119 auf der folgenden Seite sieht man eigentlich dasselbe, wir wollen jedoch die Sache insoweit umkehren, daß sie allgemeiner wird und die Leser sehen, was das Prinzip ist, worauf es eigentlich bei diesen sogenannten constanten Elementen ankommt.

Es ist nämlich gar nicht nöthig, daß der äußere Cylinder von Kupfer gefertigt sei, er kann auch aus Zink bestehen, dann macht man den inneren

Fig. 119.



Kolben aus Kupfer, dies braucht aber auch wieder kein Kolben zu sein, es kann eben so gut ein hohler Cylinder, ein in Cylinderform gebogenes Blech sein. Ist der äußere Cylinder von Zink, so macht man ihn unten nicht zu, wie etwa einen kupfernen, sondern man läßt ihn offen, weil der Zinkcylinder doch bald durchgefressen sein würde und stellt ihn lieber in ein Glasgefäß; dieses wird durch die äußerste Linie *C* dargestellt, darin steht der Zinkcylinder, davon man auf der Seite *C* den Stift nach oben hinausragen sieht. Innerhalb dieses Glasgefäßes, welches mit Salzwasser oder verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist, steht der Toncylinder, der seinerseits von Zink umschlossen wird und selbst das Kupfer umschließt. Der Toncylinder ist mit *P* bezeichnet, das Kupfer entbehrt einer Bezeichnung durch Buchstaben, doch sieht man es sehr deutlich durch die Schraffirung abgesondert von dem einschließenden Cylinder. Dieses Kupfer steht innerhalb des Cylinders von Thon in einer starken Auflösung von Kupfervitriol.

Die Apparate, in denen Kupfer in einer Auflösung von Kupfervitriol steht, haben einen großen Vortheil für sich, nur leider einen Nachtheil, der diesen Vortheil vollkommen aufwiegt. Der erstere ist, daß man aus der Lösung Kupfer reinster Art erhält, welches die Kosten der Speisung des Apparates vollkommen aufwiegt; man kann dieses Kupfer einschmelzen und zu den feinsten Arbeiten verwenden, d. h. zu dergleichen Zwecken viel theurer verkaufen als der Preis des Kupfers ist, weil das gewöhnlich verkäufliche einer solchen Reinheit und Geschmeidigkeit entbehrt. Der Nachtheil aber besteht darin, daß die Thoncylinder sehr bald mit einer dicken Kruste von granulirtem Kupfer überzogen werden, welche Anfangs ihre Brauchbarkeit verringert, dann aber sie völlig aufhebt. Es ist bei einiger Aufmerksamkeit und täglich wiederholter Reinigung allerdings möglich, diese üble Wirkung um einige Zeit zu verzögern, keinesweges aber sie ganz zu beseitigen; am leichtesten ist es noch thunlich, wenn das Kupfer außerhalb des Thoncylinders steht, man kann alsdann mit Bürsten und Kratzen helfen, steckt das Kupfer aber innerhalb des Thoncylinders und vernachlässigt man es einige Tage, so wächst der Thoncylinder mit der Kupferplatte förmlich zusammen und beides ist verloren, das Kupfer ohne Zersprengen des Cylinders nicht heraus zu bekommen und das galvanische Kupfer von dem gewalzten der Platte, an die es förmlich angewachsen ist, nicht zu lösen, ohne diese zu verbiegen oder gar zu zerreißen.

Will man aus solchen Elementen eine Batterie zusammensetzen, so klemmt man das Kupfer des ersten mit dem Zink des zweiten Elements, und das Kupfer des zweiten mit dem Zink des dritten Elements zusammen bis zum letzten, bei dem das Kupfer frei bleibt, so wie beim ersten das Zink. Dieses sind die Pole der Batterie. Man hat hier den Vortheil, den Apparat zwei Tage lang in fast ungeschwächter Kraft brauchen zu können, man muß nur von Zeit zu Zeit aus den Thoncylindern die mit Zinksalz gesättigte Lösung durch einen Stechheber entfernen und durch neue höchst verdünnte Säure ersetzen, ferner die Kupfervitriolauflösung in gleicher Sättigung erhalten; der Sättigungsgrad bedingt nämlich deren Leitungsfähigkeit für Elektricität, und da diese Sättigung nicht lange anhält, muß man Sorge tragen, sie immer wieder herbeizuführen. Durch den galvanischen Strom schlägt sich nämlich das aufgelöste Kupfer auf den Kupfercylinder und bald auf den Thoncylinder metallisch nieder und verursacht die oben angeführte Unbequemlichkeit, deshalb legt man in das Glas einige Krystalle von Kupfervitriol, von welchen sich nach Maßgabe der Schwächung der Auflösung immer von neuem so viel auflöst, um die Sättigung zu erhalten. Man nimmt, sobald man bemerkt, daß die Krystalle verschwunden sind, etwas von der Flüssigkeit aus dem Glase heraus und ersetzt das Fehlende durch zugeschüttete Krystalle. Es versteht sich, daß die Entfernung der Flüssigkeit geschieht, ohne die Arbeit der Batterie zu unterbrechen, also wie beim Thoncylinder durch einen Stechheber.

Das Grove'sche Element.

Die Grove'sche Batterie unterscheidet sich in der Anordnung durchaus nicht von der eben beschriebenen, sondern nur in der Wahl der Metalle und der Flüssigkeiten.

Es steht wie bei der vorhin beschriebenen Batterie ein Thoncylinder in einem Glascylinder. In das Glas gießt man verdünnte Schwefelsäure, doch so stark, daß etwa auf 8 Theile Wasser 1 Theil concentrirte englische Schwefelsäure kommt. In den Thoncylinder füllt man die allerconcentrirteste (möglichst salzsäurefreie) Salpetersäure. Aus Zinkblech von bedeutender Stärke formt man einen Cylinder, der hier in das größere Gefäß kommt (nicht wie bei der Daniell'schen Batterie in das kleinere Thongefäß), er hat wie immer einen vorstehenden Lappen an einer Seite. In die concentrirte Salpetersäure und den Thoncylinder steckt man ein Stück Platinblech von etwas größerer Breite als der Durchmesser des Thoncylinders. Dieses Blech wird in die Form eines *S* gebogen, wodurch es dem gegen=

über stehenden Zink mehr Fläche darbietet, als wenn es gerade stehen bliebe, ferner viel weniger kostet, als wenn man einen der Größe des Thongefäßes entsprechenden Cylinder machen wollte, und auch hier dem Einflusse des galvanischen Stromes beide Seiten preisgiebt, während bei dem Cylinder nur die äußere Seite in Thätigkeit kommt.

Das Platinblech kann sehr dünn genommen werden, so daß 30 bis 36 Quadratzoll auf 1 Loth gehen, was ungefähr zu fünf, gewiß reichlich zu vier Platten genug ist, indem sie alsdann schon 9 Quadratzoll haben, was man gewöhnlich nicht findet. Um dem sehr dünnen Blech etwas mehr Widerstandsfähigkeit zu geben, biegt man die äußersten Kanten so um, wie es der Apotheker beim Fertigen von Papierkapseln thut, natürlich wird man darauf sehen, diese Anbiegung so knapp wie irgend möglich zu machen.

Der Theil der Platte, welcher oben aus der Säure ragt, muß die Klammer halten, dies geht wohl bei Kupfer- und Zinkblech an, wo es auf ein halbes Dutzend Pfunde nicht ankommt, aber bei Platina, wovon das Loth, je nachdem es mehr oder minder begehrt ist, 6—8 Thaler kostet, da nimmt man das Blech so dünn, daß es eine schwere Klammer nicht trägt, deshalb faßt man dies dünne Blech in einen hölzernen (besser wenn er von Porzellan gebrannt sein kann) Deckel, durch welchen es mittelst eines Einschnittes in denselben hindurch ragt. Auf der äußeren Seite steht ein Stückchen Platin vor, dieses wird in die Kupferklammer eingefaßt und wo möglich verlöthet. Hiernach hat man etwas Handfesteres. Der Deckel, nach der Weite des Cylinders geformt, legt sich auf dessen oberen Rand, das dünne Platinblech hängt daran herunter in die Säure hinein und hat nichts zu tragen als sein eignes Gewicht, oben auf dem Deckel sitzt die Klemme oder Klammer, welche von dem Thoncylinder gestützt wird und mittelst deren man die Verbindung mit den folgenden Plattenpaaren auf dieselbe Weise bewerkstelligt, wie bei den früheren angegeben. Diese Batterie, wie schon bemerkt, von Grove angegeben, hat die äußerste Spannkraft und ließe nichts zu wünschen übrig, wenn der Preis nicht so hoch wäre; sie ist sowohl höchst constant als außerordentlich wirksam zu nennen, nur kann man sich selbst ein Element nicht unter dem Preise von 3 Thalern herstellen; der Mechanikus läßt sich für ein fertiges Element von der Hälfte der Größe (5 Quadratzoll Platin) 5 Thaler zahlen.

Practische Vortheile.

Um das Instrument vortheilhaft zu benutzen, sind eine Menge technischer Kunstgriffe sehr wesentlich. Das angegebene Mischungsverhältniß der

Schwefelsäure zum Wasser ist so überaus wirksam, daß es die starken Zinkplatten, welche man zu wählen genöthigt ist, doch sehr bald zerstört; dadurch wird der Apparat noch theurer, denn ist das Zink an sich schon wohlfeil, so wird vermöge seiner leichten Auflöslichkeit doch sehr viel consumirt und die Bearbeitung dieses dicken Zinkes ist äußerst schwierig; bei zwei Linien, d. h. ⅙ Zoll, will es sich fast gar nicht biegen lassen. Diese Dicke ist nothwendig, wenn man nicht einmal die unangenehme Ueberraschung haben will, mitten in der Arbeit durch das plötzliche Aufhören der Wirkung unterbrochen zu werden.

Um diese Uebelstände zu vermeiden, bedient man sich des bereits früher angeführten Auskunftsmittels, man amalgamirt die Zinkplatten. Wenn dieselben gebogen, in ihre gehörige Form gebracht sind, bezeichnet man sich durch einen Strich die Stelle, bis zu welcher sie in die saure Flüssigkeit getaucht werden, dann taucht man eine Bürste mit einem Stiel in die verdünnte Säure, wäscht damit die Platte (den Cylinder von Zink) recht sorgfältig rein und nun, während er blank und von der Säure noch naß ist, träufelt man aus einem Gefäß mit sehr feiner Oeffnung Quecksilber darauf und verreibt dieses, bis die ganze Zinkfläche, so weit sie in die Säure eingetaucht werden soll, metallisch glänzend und silberweiß aussieht.

Man kann dieselbe Procedur auch noch auf eine andere Weise vornehmen. In reiner, sehr concentrirter Salpetersäure löst man unter Hülfe mäßiger Wärme Quecksilber auf und verdünnt dann diese Auflösung mit destillirtem Wasser. Stellt man in solche Lösung einen Zinkstreifen, so bemächtigt sich die Salpetersäure sehr begierig des ihr näher verwandten Zinkes und läßt an der angegriffenen Stelle das Quecksilber als blanken Ueberzug fallen.

Um die Zinkcylinder auf solche Art zu amalgamiren, muß man von der Lösung so viel haben, daß man ein Glasgefäß der Batterie, zu welcher der Zinkcylinder gehört, damit füllen kann. In dieses so angefüllte Gefäß stellt man den Zinkcylinder und in wenigen Augenblicken wird er mit einem grauen Ueberzuge bedeckt sein, da man ihn sodann aus der Lösung nimmt, in Wasser abwäscht (mittelst der Bürste) und zum Gebrauche aufbewahrt.

Die Höhe, bis zu welcher die Amalgamation vorgenommen wird, ist nicht gleichgültig; reicht das Quecksilber nicht weit genug, so trifft die Säure noch ungeschütztes Zink und während das in der Tiefe des Gefäßes stehende amalgamirte Zink ganz unverändert bleibt, wird oben, wohin der Schutz nicht reicht, das Zink rundum angefressen, bis endlich ein Ring abbricht. Hat man umgekehrt die Amalgamation über die ganze Platte ausgedehnt, so entsteht leicht eine Trennung auf andere Weise. Das amalgamirte Zink

ist äußerst mürbe, das Quecksilber überzieht nicht bloß seine Oberfläche, es dringt bis in die feinsten Poren desselben ein und scheint die Continuität, scheint den inneren Zusammenhang desselben zu unterbrechen. Ist nun die Verquickung bis zu dem schmalen Streifen gedrungen, welcher am oberen Ende eines jeden Zinkcylinders vorstehen muß, um ihn mit dem negativen Metall des folgenden Paares verklammern zu können, so bricht dieses Stück bei dem nächsten Anschrauben desselben ab, daher ist es nöthig, daß ein wenigstens ½ Zoll breiter Streifen rund um den Zinkcylinder von der Amalgamation verschont bleibe, aber auch so weit über der Säure stehe, daß diese nicht bis zu ihm reichen kann. In diesem Falle wird man solche Zinkcylinder Jahre lang unausgesetzt brauchen können und nichts weiter nöthig haben als sie von Zeit zu Zeit wieder zu amalgamiren.

Die Säuren

Noch ist zu bemerken, daß das von Grove angegebene Verdünnungsverhältniß kein gutes ist, indem es zwar die Batterie in eine vehemente Thätigkeit versetzt, diese jedoch nicht lange genug anhält, um der Batterie den Titel einer constanten zu verdienen. Nimmt man 1 Theil englische Schwefelsäure auf 20 Theile Wasser, so ist die Wirkung noch immer sehr stark und man hat den Vortheil, zwei Tage lang unausgesetzt damit operiren zu können, bevor die kräftige und gleichmäßige elektrische Strömung bemerkbar nachläßt.

Die Säure betreffend, welche in den Thoncylinder zur Umgebung des Platina genommen wird, so ist es nach Grove's Vorschrift concentrirte Salpetersäure von 1,5 specifisches Gewicht. Solche Säure, die anderthalbmal schwerer ist als Wasser, bekommt man gar nicht käuflich, sie müßte in einer Chemicalienfabrik besonders bestellt werden; diese Söure soll noch zum vierten Theile mit rauchender Salpetersäure versetzt werden.

Hier sind zu berücksichtigen die Schwierigkeit, solche concentrirte Säure zu erlangen, der hohe Preis und endlich die großen Beschwerden, welche die salpetrigsauren Dämpfe verursachen, indem sie eingeathmet zum Husten reizen, der Gesundheit sehr nachtheilig sind, auch alles Metall, was etwa in dem Raum, wo experimentirt wird, vorhanden ist, sehr stark angreifen.

Die Grove'sche Batterie war selbst in ihrer ursprünglichen, nicht vollkommenen Gestalt ein so werthvolles Geschenk für den Physiker, daß man sich angelegentlichst mit ihrer Verbesserung beschäftigte und dann auch bald fand, daß, da es bei dem passiven Platina nicht auf Erregung einer Thätigkeit (die man gar nicht haben will), sondern nur auf möglichste Lei-

tungsfähigkeit der Flüssigkeit ankommt, andere concentrirte Säuren sehr wohl anwendbar seien und so wurde denn die Schwefelsäure mit der Salpetersäure dergestalt combinirt, daß man in die letztere so viel concentrirte Schwefelsäure unter fortwährendem Umrühren bringt, bis die Mischung nicht mehr raucht.

Es ist begreiflich, daß man auch Salpetersäure in die Schwefelsäure gießen kann, wenn man einmal die Verhältnisse kennt, allein das Ausprobiren dieser Verhältnisse geht auf diesem Wege nicht so gut, denn man darf mit dem Zusetzen der Salpetersäure nicht früher aufhören, als bis die Entweichung von den salpetrigsauren Dämpfen beginnt und hat man dieses Ziel erreicht, so hat man zu viel Salpetersäure, es bleibt dann nichts übrig, als nunmehr wieder so lange Schwefelsäure zuzusetzen, bis die Mischung nicht ferner raucht, denn dieses will man ja eben beseitigt haben, da es der Gesundheit des Experimentators so wie dem Glanz und der Brauchbarkeit der Metallinstrumente nachtheilig ist. Es ist demnach der frühere Weg, die Schwefelsäure zur Salpetersäure zu gießen, als der einfachere vorzuziehen.

Eine eben so wirksame und noch wohlfeilere und gefahrlosere Mischung hat der Engländer Callan angegeben. Sie besteht aus vier Gewichtstheilen concentrirter Schwefelsäure, zwei Theilen Salpetersäure und zwei Theilen concentrirter Salpeterauflösung. Hier vermindert der Salpeter die Aetzkraft der Säure bedeutend, die Leitungsfähigkeit des Gemisches ist aber wo möglich noch größer als die der vorherigen Säureverbindungen.

Der durchlassende Cylinder.

Bei allen den Elementen mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten ist ein durchlassender Thoncylinder ein wesentliches Erforderniß. So lange man, wie bei der Daniell'schen Batterie, nur Flüssigkeiten anwendet, welche nicht ätzen, zerstören, so lange kann der Thoncylinder durch Pergamen, Blase, einen Darm, ja wohl gar durch Pappe ersetzt werden, weder die Kupferauflösung noch das Salzwasser oder eine mit dem 60fachen Wasser verdünnte Schwefelsäure zerstört diese Substanzen. Bei den Elementen mit sehr starken oder gar mit concentrirten Säuren ist dieses etwas anderes, sie zerfressen die thierischen Stoffe sofort und diese sind daher gar nicht anwendbar. Die Scheidewände, deren man nicht entbehren kann, aus Thon zu fertigen, hat seine Schwierigkeiten, nur Fayencefabriken haben das wirklich geeignete Material, der gewöhnliche Töpferthon ist kaum brauchbar, da aber Fayencefabriken nicht an jedem Orte sind, es aber beschwerlich und

kostspielig ist, um jeden fehlenden Cylinder eine Correspondenz zu eröffnen und Wochen lang auf die Effectuirung der Bestellung zu warten, so bedient sich der Verfasser bereits seit 15 Jahren eines Surrogats für diese Thoncylinder, das er einem Jeden, der nicht an einem großen Orte ist und seine verletzten Gefäße sofort wieder erneuern kann, als höchst zweckmäßig empfehlen darf.

Dieser Stellvertreter ist der Gyps, und nichts ist leichter als die Anfertigung solcher Gypscylinder. Man macht sich aus Pappe zwei Cylinder mit Boden, davon der eine so viel größer, der andere so viel kleiner ist als der gebrauchte, daß der Zwischenraum, den beide lassen, wenn sie concentrisch in einander gestellt werden, gerade die Ausdehnung des Cylinders hat, den man verlangt.

Man rührt sich Gyps mit Wasser zusammen, so daß er zwar flüssig ist, doch nicht zu viel Nässe hat, was man daran erkennt, daß er kurze Zeit nach dem Einrühren zu einer festen Masse erstarrt.

Das Verhältniß muß ausprobirt werden, und hat man es einmal, so gilt es für dieselbe Sorte frisch gebrannten Gypses für immer.

Man hält nun den kleineren Pappcylinder in dem größeren frei schwebend, so daß die Wände beider rings gleich weit von einander abstehen und daß der Boden des inneren etwa ¼ Zoll von dem Boden des äußeren entfernt ist, alsdann gießt man die gerade für einen Cylinder genügende Gypsmasse in den Zwischenraum, bis derselbe ganz ausgefüllt ist. Nach wenigen Augenblicken erstarrt der Gyps und eine Stunde später kann man ohne Gefahr den äußeren Pappcylinder hinwegnehmen, indem man den Bindfaden, der ihn zusammenhält, aufknüpft und die Pappe aufrollt.

Mit dem inwendigen Pappcylinder verfährt man umgekehrt, man wickelt ihn zusammen, so daß er einen kleineren Raum einnimmt als früher. Einen Tag später ist der Gypscylinder zum Gebrauche fertig; er ist zwar noch naß, das schadet jedoch nicht, seine Masse soll ja mit einer leitenden Flüssigkeit durchdrungen sein.

Mit derselben Pappform kann man, sobald sie trocken ist, wieder einen anderen Gypscylinder, im Ganzen aber wenigstens dreißig gießen, bevor sie unbrauchbar wird.

Diese Gypscylinder lassen die Feuchtigkeit trefflich durch und ersetzen also die Thondiaphragmen vollständig, sind wohlfeil und machen denjenigen, der sich die Fertigkeit sie zu gießen angeeignet hat, ganz unabhängig von dem Mechanikus, dem Ort, der Fabrik, und sie ertragen die stärksten Säuren so gut wie die Thongefäße. Ja es giebt noch eine viel leichtere Art, sich diese Gefäße mit nur einer Form zu verschaffen, mit der größeren äußeren

nämlich. Es ist die Methode des Umschwenkens, deren sich die italienischen Gypsfigurenhändler bedienen. Die Deutschen gießen die Form voll und erhalten ein schweres, kostbares und um nichts brauchbareres oder haltbareres Produkt. Die Italiener gießen in die zusammengestellte und gebundene Hohlform sehr flüssig gemachten Gyps, schwenken ihn darin um, so daß er sich von allen Seiten an die Form hängt und gießen dann den Ueberfluß wieder aus der Form, möglicherweise in eine zweite, mit welcher sie dann eben so verfahren, falls der Gyps unterdessen nicht zu schwerflüssig, teigig geworden ist.

Zweifelsohne ist das Verfahren mit großen Stücken (bei denen die Form mitunter einen Centner und darüber wiegt) sehr schwierig, darum lernen die deutschen Arbeiter, welche überhaupt nicht sehr geneigt sind, Neues aufzunehmen, diese Methoden auch nicht, allein bei kleineren Sachen, wie ein Cylinder zu galvanischen Versuchen und wäre es auch ein fußhoher, ist die Erlernung ganz leicht. Jeder Gypsfigurenmacher, ja jeder Zinngießer kann einem die Handgriffe zeigen, denn der Letztere macht die zinnernen Pfeifenabgüsse ganz auf dieselbe Weise.

Selbstverständlich können diese Gypscylinder nicht nur zu allen den bisher angeführten Elementen mit zwei Flüssigkeiten, sondern auch noch zu den ferner zu beschreibenden gebraucht werden.

Das Bunsen'sche Element.

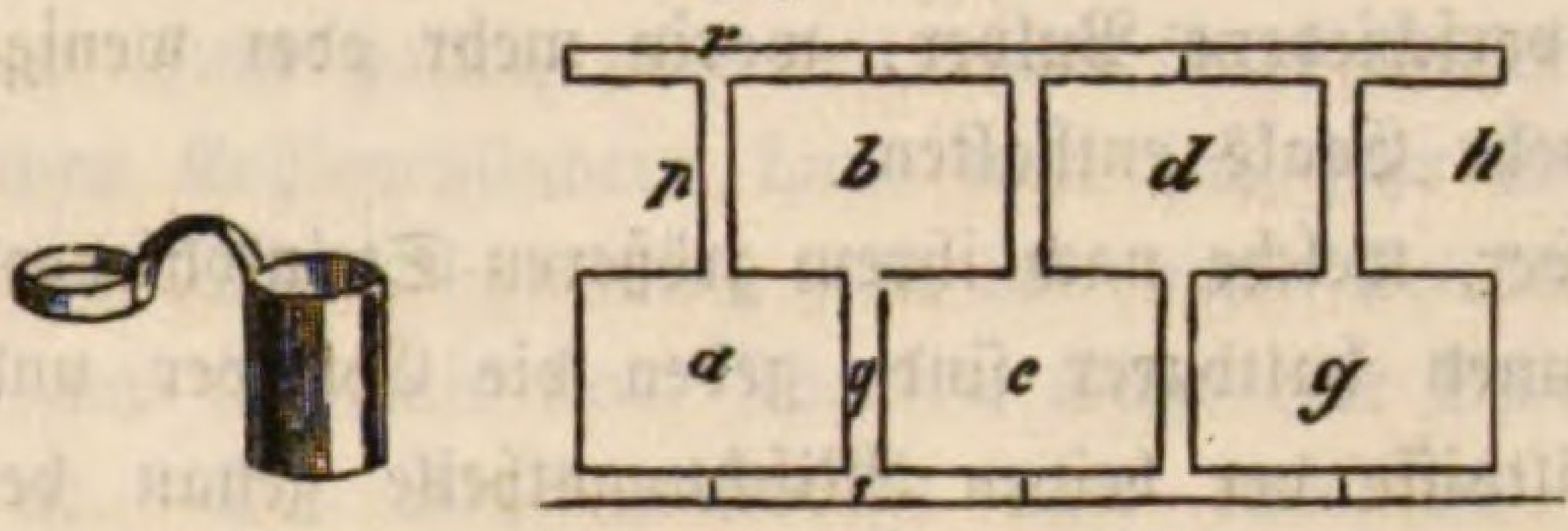
Wenn wir gesagt haben, die Grove'sche Batterie unterscheide sich in der Anordnung nicht, sondern nur hinsichtlich der gebrauchten Materialien von der Daniell'schen, so müssen wir dieses in Beziehung auf die Bunsen'sche wiederholen; es ist dabei Alles wie bei der Grove'schen Batterie, nur ein Material ist verschieden, man nimmt statt des Platinbleches eine sehr feste Kohle. Dieselbe ist in Marburg käuflich zu haben und kostet, wenn sie 20 Quadratzoll wirksame Oberfläche hat, 10 Silbergroschen, während ein Platinblech von solider Ausdehnung mindestens 12mal so viel, nämlich 4 Thaler kostet.

Um die Kohle, an welche man kleine Klemmen schrauben kann, metallisch mit dem nächsten Plattenpaare zu verbinden, paßt man einen sie eng umschließenden Ring von starkem Zinkblech darauf, derselbe muß jedoch oft gereinigt und sehr sauber gehalten werden, weil sonst die innige Verbindung, welche behufs der Elektricität-Entwickelung unerläßlich ist, nicht erzielt werden kann.

Es ist sehr vortheilhaft und leicht thunlich, Ring, Verbindung und

Zinkcylinder aus einem Stück zu schneiden. Wenn man mehrere, wie das bei einer Batterie nothwendig ist, verwenden will, so kann man sie auf einem Stücke Zinkblech so in einander passen, daß wenig oder gar nichts verloren geht. Man sieht wohl, daß wenn *a* mit *pr* das Stück Blech

Fig. 120



vorstellt, welches den Cylinder (*a*), den Verbindungsstreifen (*p*) und den Querstreifen (*r*) abgeben soll, man nichts weiter nöthig hat als das Stück Blech umzukehren, so daß es mit seiner breiten Fläche *b* zwischen *a* und *r* liegt, und in derselben Ordnung fortfahrend *cdgh* als die eigentlichen Körper der zu bildenden Cylinder, abwechselnd oben und unten liegend, mit den Verbindungsstreifen ꝛc. die ganze Fläche des Zinkblattes ausfüllen, und nichts weiter davon verloren geht als die halben Stücke am Anfange des Streifens vor *p* und am Ende desselben bei *h*.

Biegt man nunmehr einen Streifen *p* (des Stückes *apr*) in einen Halbkreis, dagegen die Stücke *a* und *r* zu ganzen Kreisen, wie Fig. 120 zeigt, so sieht man wohl, daß der Ring, das Kohlenstück und der Zinkcylinder sehr wohl aus demselben Stücke geschnitten werden. Allerdings wird ein technischer Kunstgriff dazu nöthig sein, man wird nämlich dies nicht mit der Scheere machen können (wenn schon die neuere Mechanik dahin gekommen ist, halbzölliges gewalztes Eisen mit der Scheere zu schneiden), aber man wird dies durch den Hartmeißel machen können, indem mittelst desselben die vorgezeichnete Figur ausgeschlagen wird, worauf man mit einer Zinnfeile nachhilft, die scharfen Kanten und Ränder hinwegnimmt, oder indem man überhaupt von Schneiden und Meißeln absteht und die Figur mittelst einer Laubsäge aus dem Stücke heraussägt.

Die Darstellung der für diese Batterien nöthigen Kohle unterliegt eigenthümlichen Schwierigkeiten, man thut daher am besten, sie sich durch den Handel zu verschaffen, denn Herr Luhme und Rohrbeck oder die Herren Hoffmann und Eberhard in Berlin vermitteln dies sehr gern, sie sind auch gewöhnlich mit einer hinlänglichen Quantität solcher Gegenstände versehen, um bei starker Nachfrage nicht in Verlegenheit zu gerathen, sollte man aber sich selbst diese Cylinder machen wollen, so wird dies auf folgende Art bewerkstelligt:

geschärft wie eine Holzsäge, zudem aber ist die überaus harte Masse doch äußerst spröde, würde also leicht brechen während der Arbeit, es bleibt mithin nichts übrig als die Kohlen hohl zu formen.

Dies geschieht auf folgende Weise: In den Cylinder von Eisenblech stellt man einen zweiten von Holzspahn geformten oder aus sehr leichtem Holz dünn gedrechselten hohlen Cylinder; Pappelholz ist hierzu am geeignetesten, auch Linden- oder Kastanienholz thut dieselben Dienste, am leichtesten aber kommt man dazu, wenn man sich die pennalartigen Schachteln verschafft, in welchen sonst die Bleistifte von den Fabriken versandt wurden.

In den Zwischenraum, den der Blechcylinder und die hölzerne Schachtel lassen und der wenigstens ½ Zoll breit sein muß, schüttet man das Pulver aus Coaks und Steinkohlen, stampft es recht fest und dicht zusammen und verfährt nun mit diesem Präparat gerade so wie oben für die Bereitung eines compacten Cylinders beschrieben, d. h. man glüht es aus u. s. w.

Der Leser wird fragen, warum wendet man denn für den inneren Holzcylinder nicht lieber Eisenblech an wie für den äußeren; das Holz wird jedesmal zerstört und bei jeder Bereitung eines neuen Kohlenstückes verliert man das Holzstück.

Es ist aber so, es ist nicht zu ändern. Eisenblech ist anwendbar für die äußere Form, denn die Kohle dehnt sich nicht aus, sondern sie sintert zusammen, nicht aber für die innere, denn da die Kohle sich verkleinert, der Blechcylinder aber nicht, so würde die Kohle bei der unausbleiblichen Zusammenziehung in mehrere Stücke springen.

Unzweifelhaft ist diese Bereitungsart schwieriger als die eines compacten Kohlenstückes und darum wählt man die letzten auch lieber, überdies fordern die hohlen viel größere Quantitäten der concentrirten Salpetersäure, durch welche sie wirksam gemacht werden; allein beide Formen sind im Gange. Der Verfasser hat sie jedoch nur versuchsweise angewendet, weil die Entwickelung von salpetriger Säure bei derselben so entsetzlich stark ist, daß man in einem verschlossenen Raum (Zimmer, Saal) gar nicht damit arbeiten kann. Man hat andere Flüssigkeiten, Auflösungen von Chromsalzen ꝛc. vorgeschlagen, die Wirkung, welche concentrirte Schwefelsäure giebt, wird jedoch nicht erreicht, darum bleibt man bei dieser, wie beschwerlich ihre Anwendung auch ist.

Sturgeon's Element.

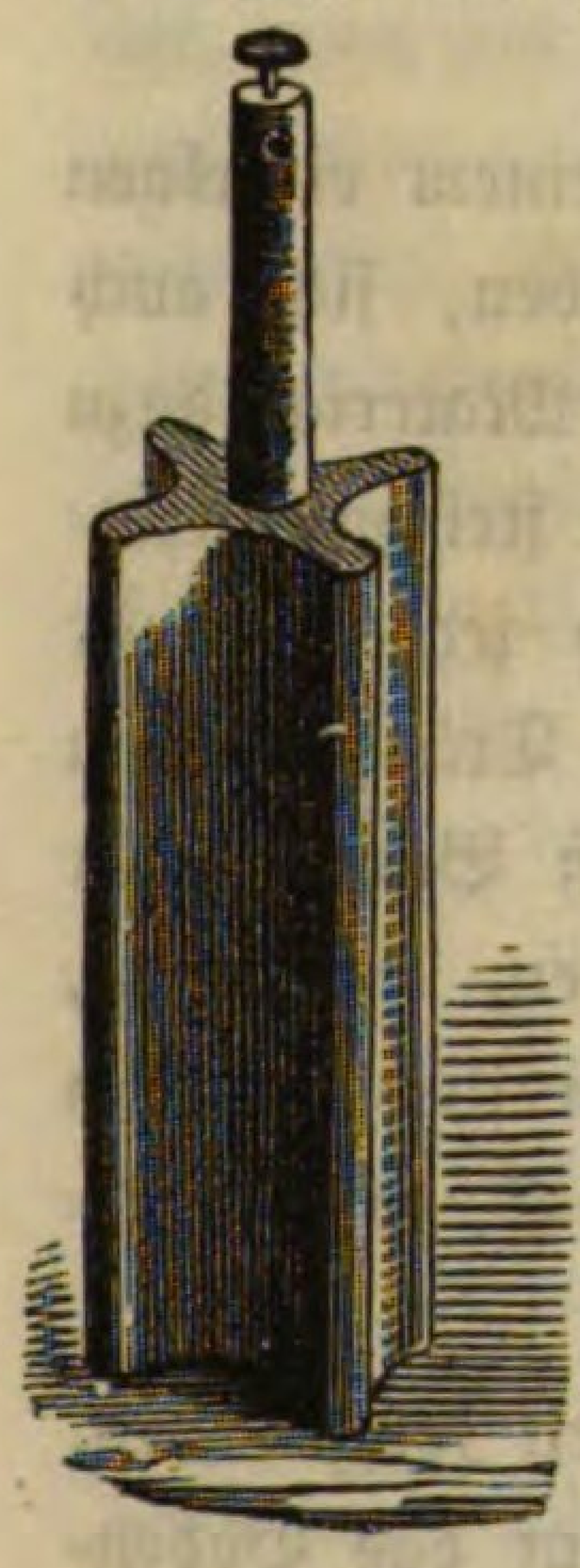
Zu den bisher angeführten dreierlei constanten Batterien hat sich in neuerer Zeit noch eine vierte gesellt, die von Sturgeon angegebene Eisen-

batterie. Es ist mit derselben wie mit den meisten Erfindungen der Deutschen gegangen, kein Mensch achtet ihrer, bis das Ausland sich derselben bemächtigt und sie nun als eine englische, französische oder gar (was ihren Werth ungemein erhöht), amerikanische Erfindung zu uns kommt.

Schon im Jahre 1841 wurde in Dingler's Journal und in mehreren physikalischen Zeitschriften eine Eisenbatterie angegeben, zuerst aus Schmiedeeisen mit Gußeisen, dann aus gußeisernen Gefäßen mit darin stehenden Thoncylindern, in denen sich der Zinkkolben befand, aber erst als Sturgeon die Ordnung umkehrte, ein Zinkgefäß und einen Eisenkloben anwandte, bekam sie in Deutschland Geltung.

In dieser Form wird sie ganz genau so wie die Bunsen'sche Kohlenbatterie behandelt. Man läßt sich eiserne (wo möglich hohle) Kloben mit einem Ansatz auf einer Seite gießen, sie müssen auf allen Seiten geschlossen sein, was sehr leicht ist, wenn man den Thoncylinder, durch welchen das Hohleisen bewerkstelligt wird, in dem Eisen stecken läßt; es kommt nämlich nur darauf an, die schweren Eisenkloben so weit als möglich zu erleichtern, damit sie nicht etwa die poröse Thonzelle, in der sie zu stehen bestimmt sind, durch den Druck zerbrechen.

Fig. 122.



Der Zapfen oder Ansatz dient zur Verbindung mit dem Metalle des nächsten Elements und wird zu diesem Behuf zweifach durchbohrt, einmal quer hindurch und dann von oben herab, bis die beiden Bohrungen sich treffen. In diese zweite Oeffnung schneidet man eine Mutter und setzt die Schraube hinein, welche einen geränderten Kopf hat, damit man einen Draht mittelst dieser Schraube von oben herab festschrauben könne. Die Form der nebenstehenden Fig. 122 ist die jetzt allgemein übliche, es wird dadurch an Oberfläche gewonnen und das Gewicht vermindert.

Thoncylinder, Glasgefäß und amalgamirter Zinkcylinder unterscheiden sich durchaus nicht von denen zu der Bunsen'schen Kohlen- oder der Grove'schen Platinbatterie; allein man wendet in England die Mischung von Säuren an, welche wir oben angegeben und welche die Eisenmasse ganz passiv läßt, so gut wie gar nicht angreifend ist und doch die Elektricität so stark leitet, wie nur irgend möglich unter Flüssigkeiten, und daher dieser Batterie eine große Kraft giebt. Die Mischung besteht, wie bereits bemerkt, aus 4 Theilen concentrirter Schwefelsäure, 2 Theilen concentrirter Salpetersäure und 2 Theilen einer ganz concentrirten Auflösung

von Salpeter in Wasser. In diese Flüssigkeit kommt das Eisen, während das Zink in verdünnter Schwefelsäure steht, die von den concentrirten Säuren durch einen Thoncylinder geschieden ist.

Andere Formen der Elemente.

Wir haben bis jetzt der Einfachheit der Darstellung wegen immer von Cylindern gesprochen, auch bringt man gewöhnlich die Apparate jetzt in solche Form, es ist jedoch begreiflicher Weise diese Form gar keine wesentliche Bedingung und die Franzosen wie die Engländer nahmen dieselbe auch nicht an, wiewohl die Verfertigung der porösen Thongefäße in viereckiger Form schwierig und daher theuer ist, auch die viereckigen Glasgefäße sind viermal so theuer als ein gewöhnliches rundes Glas, das man sich in jeder Glashandlung beliebig aussuchen kann.

Die englischen und französischen Batterien bestehen aus lauter geraden Platten, die Gefäße sind diesen entsprechend und die Verbindung der Metalle wird im Uebrigen ganz auf die gewöhnliche Art vorgenommen. Sowohl die parallelpipedischen als die cylindrischen Thongefäße erhält man in Berlin in der Eckhardtstein'schen Steingutfabrik, doch nur auf Bestellung nach angegebenen Maaßen.

Da man außerhalb Berlin jedoch sehr abhängig von einem einzelnen kleinen Unglücksfall ist, so wollen wir noch ein Mittel angeben, sich auch diese Gefäße selbst darzustellen, wie die cylindrischen. Das Material dazu ist ebenfalls Gyps. Man läßt sich eine Holzform mit darin stehendem Kegel machen, tränkt diese gut mit Oel und bestreicht sie auch jedesmal vor dem Gebrauch mit frischem Oel. Das Erstgedachte zum Tränken kann Leinöl sein, das andere darf kein trocknendes Oel, es muß Baum- oder Rüböl sein. Die äußere Form muß aus zwei Stücken bestehen, welche da, wo sie nach inwendig zusammen stehen, so weit ausgeschnitten sind, daß ein viereckiges Thongefäß, wie man es brauchen würde, also z. B. ein fingerdickes Buch in Duodezformat gerade in die Höhlung paßt.

Durch zwei Zapfen wird jede Hälfte auf einem Bodenbrett festgehalten. Wenn man nun die beiden halben Formen neben einander auf das Bodenbrett stellt und die daraus hervorgehende Höhlung mit Gyps ausfüllt, so würde man ein Stück ganz von der verlangten Form erhalten, allein es wäre nicht hohl und dies ist durchaus nothwendig.

Um nun eine Form zu bekommen, die hohl ist, läßt man sich ein Brettchen so behobeln, daß es in ein solches viereckiges Thongefäß paßt

und bis auf den Boden desselben geschoben werden kann. Dieses ist der Kern der Form, welcher die Höhlung macht. Er ist nicht länger als gerade nöthig, aber er muß zwei Zapfen haben, mit denen er ein- für allemal in der Mitte des Bodenbrettes festgemacht wird, so daß die loszunehmenden beiden Stücke der äußeren Form ihn von allen Seiten gleich weit umschließen. In den Zwischenraum, zwischen den Kern und die beiden Hälften der äußeren Form, wird der Gyps gegossen und zwar so hoch, daß er den Boden des Kernes um einen vollen ¼ Zoll übersteht. Dieses giebt beim Umkehren den Boden des neugewonnenen Gypsgefäßes.

Eine kleine Schwierigkeit bietet noch das Herausnehmen des Kernes. Deshalb muß dieser von da, wo er an dem Bodenbrette befestigt ist, nach seinen Enden hin auf allen vier Seiten abgeschrägt sein. Er muß sich nach Art eines Obelisken schwach verjüngen, hat er in der Nähe des Bodenbrettes ¼ Zoll Dicke, so darf er an seinem Ende nur ⅛ Zoll haben, eben so muß seine Breite (etwa von 4 Zoll) abnehmen (etwa auf 3¾).

Nöthige Vorsichtsmaßregeln.

Bei alledem ist noch ein Kunstgriff nöthig, um den viereckigen hohlen Gypskasten unbeschädigt zu erhalten. Wenn die Form zusammengestellt ist und man die beiden äußeren Hälften noch mit Bindfaden gut umwickelt hat, gießt man nach vorherigem schwachem Einölen den Gyps hinein. Sobald man sieht, daß er erstarrt ist, macht man behutsam das Bodenbrett mit dem daran festsitzenden, abgeschrägten Kern von den beiden Stücken der äußeren Form (die man unverrückt zusammen läßt) los und zieht ihn heraus. Thut man dies zu spät, so wird er von dem Gyps dergestalt festgeklemmt, daß man ihn gar nicht heraus bekommt oder es tritt ein anderer Uebelstand ein, der hohle Gypskörper bekommt Risse, welche ihn unbrauchbar machen.

Das Entfernen der äußeren Formtheile hat keine Schwierigkeit, allein es wird immer gut sein, wenn man sich die Formstücke von einem im Formen erfahrenen Mann machen läßt, denn überall sind Schrägungen nöthig, an die der Tischler gar nicht denkt, die dem Former aber schon vorher einleuchten. Es ist begreiflich, daß die Form auch durch einen Gypsbildner aus Gyps selbst, oder was besser ist, aus Schwefel gemacht werden kann. Die Art der Anwendung ist ganz dieselbe, als ob sie aus Holz gemacht wäre.

Ein Uebelstand ist nicht zu beseitigen. Die Formstücke müssen mit Oel bestrichen werden, damit der Gyps sich nicht an dieselben ansetzt.

Dafür nimmt er nun das Oel auf und dies ist nicht gut für die Leitungsfähigkeit der Gypsgefäße. Wenn man aber das Fett durch eine Lauge verseift und dann mit warmem Wasser ab- und ausspült und die Gefäße trocknen läßt, so sind sie für die zu brauchenden Säuren vollkommen durchdringlich und ein Weiteres wird nicht verlangt.

Begreiflich muß die Form der Metalle auch der Form der Gefäße entsprechen. Für das Platina, welches in das durchlassende Gypsgefäß kommt, ist dieses höchst einfach, es besteht in einer dünn gewalzten Tafel von der für das Gypsgefäß angemessenen Länge und Breite. Der oberste Theil wird in einen Deckel von Holz, welcher in heißem Wachs getränkt ist, eingefaßt und über dem Deckel steht in genauer Verbindung mit dem Platina, die Kupferklemme oder Schraube, welche die Verbindung mit dem Zink desselben oder des nächsten Elements möglich macht.

Das Zink allerdings ist nicht so einfach zu behandeln. Man nimmt einen Streifen starkes Zinkblech, so breit als das durchlassende Thon- oder Gypsgefäß, wenn es aufrecht steht, hoch ist und 1 Zoll länger als sein Umfang, d. h. als das Aeußere seiner vier Seiten.

Aus einem Stücke dünner Pappe, ganz von der angegebenen Länge und Breite, biegt man sich einen hohlen Kasten, dessen schmale Seiten so wie dessen breite Seiten eine jede um ¼ Zoll länger sind als die Seiten des Gypsgefäßes, dergestalt, daß dieses, in die Pappvorrichtung gestellt, von allen Seiten ⅛ Zoll absteht.

Nach diesem Pappendeckel läßt man sich durch einen Klempner die Zinkbleche biegen. Bei allen wird auf der gleichen Seite, der Stelle gegenüber, welche bei dem Deckel des Platinbleches die Kupferklemme trägt, ein Streifen von schwachem Kupferblech von Zollbreite und etwa 2 Zoll Länge angeniethet und dann verlöthet. Es muß Kupfer sein, weil es biegsam sein muß und es darauf ankommt, daß man sich selbst die Verbindungen zwischen zwei Plattenpaaren mit Hülfe einer breitmäuligen Zange herstellen könne.

Gefäße für die Säuren.

Man braucht zu dieser Batterie noch so viele viereckige, wasserdichte Kasten als man Plattenpaare hat. In einer großen Stadt und mit hinlänglichen Geldmitteln kann man sich dieses sehr leicht auf das Eleganteste verschaffen; fern von der Hauptstadt ist dieses schwer und es wohnen in kleinen Landstädtchen mitunter Männer, welche die Wissenschaften weiter befördert haben als die größten Gelehrten mancher Universität — die Herren

Professoren und Akademiker haben weder die Luftpumpe noch die Elektrisirmaschine, weder die Dampfmaschine noch die Kleist'sche Flasche, weder den Luftballon noch die elektrische Telegraphie entdeckt — und für diese großen Männer in kleinen Städten ist es wohl wünschenswerth, sich ein und das andere wichtige Instrument behufs der Fortsetzung ihrer bescheidenen, wenig geachteten und doch — wie wir aus den paar angeführten Beispielen (die sich leicht verzehnfachen ließen) deutlich ersehen — hoch achtungswerthen Forschungen leicht verschaffen zu können.

Die Zechliner Glasfabrik liefert viereckige Gefäße von wahrem Krystall, schön geschliffen und hübsch theuer. Jeder Glaser schneidet mittelst eines Diamants und einer Sprengkohle eine viereckige Flasche an jeder Stelle durch. Ein Stück Sandstein nimmt die scharfen Kanten fort und was sonst 1 Thaler kostet hat man hier für 2 Silbergroschen. Der Diamant leitet den Schnitt ein, die Sprengkohle, in Ermangelung derselben ein Räucherkerzchen, leitet denselben in die Tiefe des Glases und um die Ecken herum; man zündet die Kohle an, hält sie mit der glimmenden Stelle an den Schnitt des Diamantes und führt unter fortwährendem leichtem Blasen gegen denselben die Kohle längs des Schnittes hin und her. Sehr bald wird der Klang eines Sprunges verkünden, daß auf dieser Seite die Arbeit gethan ist. Man fährt nun von dem Ende des Sprunges mit der glimmenden Kohle um die nächste Ecke zu dem nächsten Einschnitt und bald sind beide Schnitte verbunden. Wenn dieses rundum geschehen, so hebt man ganz leicht den obern Theil von dem untern ab. Viereckige Flaschen weist jede Destillation und jede Glashandlung nach. Wo auch eine solche nicht am Orte, läßt man sich kleine Kästen vom Tischler machen, die man mit gewöhnlichem Pech ausgießt, um sie wasserdicht zu haben. Dabei ist nur darauf zu sehen, daß die Stücke des Kästchens gut gezinkt, aber nicht geleimt seien, sondern, nachdem sie heiß gemacht, in geschmolzenen Pech getaucht und so zusammengesetzt werden.

Ein solcher Apparat ist höchst praktisch, leicht anzuschaffen und wäre äußerst wohlfeil, wenn man nicht leider das Platina so theuer bezahlen müßte. Der Verfasser besitzt eine solche selbst verfertigte Batterie, deren Gypszellen Platinaplatten von 25 Quadratzoll aufnehmen. Die 12 Elemente kosten (von dem Platina abgesehen) nicht mehr als 3 Thaler und die Wirkung ist so groß, daß zwei einander genäherte Kohlenspitzen unter Wasser ein Licht geben, welches kaum zu ertragen ist.

Ueber diesen höchst interessanten Versuch im Verfolg des Capitels von den Wirkungen der Batterien das Nähere.

Da nicht Jedermann, der wohl gern sich mit diesen Versuchen beschäf-

tigte, die Neigung hat, an den übrigen Theil der 12 Elemente, an das Platina, 60 Thaler zu wenden, so möge zum Troste derselben hier stehen, daß Gußeisen eine ganz merkwürdig starke Wirkung hat und als Stellvertreter des Platina vollkommen gelten kann, weil, wenn es auch um etwas schwächer wirkt, man die Platten nur um Einiges größer machen darf.

Gußeisenplatten von der Größe eines kleinen Octavbandes, 5 Zoll breit und 7 Zoll hoch (also 35 Quadratzoll einseitiger Fläche), ersetzen 25 Quadratzoll Platina vollkommen und sind, da Maschinenfabriken mit dazu gehörigen Eisengießereien über ganz Deutschland auf das Allgemeinste verbreitet sind, überall für ein Billiges zu haben und zwar um so leichter und billiger, als die Formung nicht die mindesten Schwierigkeiten hat, das Modell ist ein flaches Brettchen von $\frac{1}{6}$ Zoll Dicke, das auf der Mitte einer seiner schmalen Seiten eine etwa zollbreite Verlängerung hat — diejenige, welche durch das Deckelbrett des Gypskastens kommt und durch eine Klammer mit der nächsten Zinkplatte verbunden werden soll.

Dergleichen Batterien mit der S. 402 angegebenen Mischung geschichtet haben eine ganz außerordentliche Wirkung.

Störungen in der elektrischen Thätigkeit.

Die sämmtlichen, zwischen die verschiedenen Metalle eingeschalteten Flüssigkeiten, es mögen nun dieselben durch Thongefäße von einander getrennt sein oder sie mögen gemeinschaftlich beide Metalle umspülen, erleiden durch den von ihnen selbst hervorgerufenen elektrischen Strom eine Zersetzung. Diese in der Batterie auftretende chemische Thätigkeit übt einen sehr bedeutenden Einfluß auf die Stärke des elektrischen Stromes außerhalb der Säule, wo man seinen ganzen Nutzeffect haben will. Am stärksten ist diese störende Nebenwirkung bei allen denjenigen Zusammenstellungen, welche man früher kannte, bei denen man eine Flüssigkeit, eine verdünnte Säure oder eine mehr oder minder concentrirte Salzauflösung anwandte. Diese Elemente waren an sich von geringer gegenseitiger Spannung, die dadurch erzielte Stromstärke war mithin nicht bedeutend, zudem war die Erregung der Metalle durch die Säure (die bei beiden dieselbe war) gleichartig und der Einfluß derselben auf die Stromstärke konnte nur der elektromotorischen Differenz der Metalle an sich entsprechen, diese Differenz wird aber noch um ein Bedeutendes herabgesetzt durch die Bestandtheile der Flüssigkeiten, welche sich an den Polen ausscheiden; dies sind am negativen Pole der Wasserstoff, die Basen und die Metalloxyde, am positiven Pole aber der

Sauerstoff und die durch denselben gebildeten Säuren so wie das Chlor. Durch diesen naturgemäßen Vorgang (es gesellt sich Verwandtes zu Verwandtem) wird der negative Pol von positiven Substanzen umhüllt, wird mithin weniger negativ, er wird (in der Kunstsprache) polarisirt; eben so wird der positive Pol durch die Umgebung mit negativen Stoffen weniger positiv und so wie eine solche Aenderung in den sich berührenden Körpern fortschreitet, sowohl in den erregenden Flüssigkeiten als in den erregten Metallen, wird auch die Spannungsdifferenz, welche die Stromstärke bedingt, geringer und mithin der Strom schwächer, wozu noch ein anderer Uebelstand tritt, der nämlich, daß die erregenden Flüssigkeiten durch die gedachten Veränderungen einen Theil ihrer Leitungsfähigkeit verlieren und dadurch abermals die elektrische Stromstärke verringert wird.

Diese Störungen alle finden theils gar nicht, theils in sehr viel geringerem Grade statt in denjenigen Elementen, bei denen jedes der beiden Metalle in einer anderen Flüssigkeit steht, wie man sie jetzt fast allgemein macht und wie wir dieselben als Platina, Kohlen oder Eisensäule kennen gelernt haben. In diesen Ketten werden beide an sich elektrisch anregenden Metalle nicht auf gleiche, sondern auf entgegengesetzte Weise in Thätigkeit gebracht oder in Unthätigkeit versetzt. Das Platin, das Eisen, ist in den höchst concentrirten Säuren, mit denen man sie umgiebt, passiv, das Zink dagegen wird von der verdünnten Säure angegriffen. Durch dies allein wird schon der ursprüngliche Spannungsunterschied der angewendeten Metalle größer als er vorher war, und viel größer als bei den Ketten, die nur mit einer Flüssigkeit in Thätigkeit gesetzt werden; nun aber (und hauptsächlich wirken auch die in der Batterie sich von den Flüssigkeiten trennenden Zersetzungsprodukte nicht schwächend auf die nothwendige Spannungsdifferenz, d. h. sie polarisiren die einzelnen Metalle nicht.

Nehmen wir als erstes Beispiel die Daniell'sche Kette aus Zink in verdünnter Schwefelsäure und Kupfer in schwefelsaurem Kupferoxyd bestehend. Die Schwefelsäure berührt das amalgamirte Zink unter Mitwirkung einer großen Menge des verdünnenden Wassers, dieses letztere wird durch den elektrischen Strom in der Säule zersetzt und indem Wasserstoff frei wird, verbindet sich der Sauerstoff mit dem Zink, um dasselbe zu oxydiren, dieses Oxyd aber wird sogleich von der anwesenden Säure aufgelöst, so daß die Zinktafel stets in dem Zustande einer reinen Oberfläche erhalten wird.

Nun verwandelt sich allerdings die verdünnte Säure nach und nach in eine Auflösung von schwefelsaurem Zink, allein dies hat um so weniger zu sagen, als diese Flüssigkeit die Elektricität eben so gut leitet als die ver-

dünnte Säure, mithin wird auch nicht einmal durch eine schlechtere Leitung die elektromotorische Kraft des Zinkmetalles vermindert.

Das Kupfer steht bei der Daniell'schen Kette in einer Kupferauflösung (Kupfervitriol), hier tritt auch eine Zersetzung der Flüssigkeit ein, jedoch eine für das negative Kupfer noch viel vortheilhaftere als die soeben für das Zink dargelegte.

Aus der Flüssigkeit, deren Wasserantheile zersetzt werden, scheidet sich Wasserstoffgas aus, dieses ist aber ein treffliches Mittel, mehrere Metalle, unter diesen auch Kupfer, aus ihrem oxydirten Zustande zu entfesseln, sie zu reduciren, auf ihren ursprünglichen metallischen Zustand zurückzuführen. Das mit dem Wasserstoff gleichzeitig aus der Lösung sich trennende Kupferoxyd wird also zu metallischem Kupfer und da dieses in größter Nähe des Kupferbleches geschieht, welches als elektrischer Körper die Zersetzung bewerkstelligt, so schlägt sich das metallische Kupfer an diesem nieder und es bleibt mithin die elektrische Spannung auch dieses Theils der Batterie unverändert, ja sie kann wohl noch gar erhöht werden, indem durch den Ueberzug von niedergeschlagenem Kupfer die vorher glatt gewesene Oberfläche nunmehr rauh wird und der Flüssigkeit also noch mehr Berührungspunkte darbietet, es kommt dabei nur darauf an, daß man das schwefelsaure Kupfer stets in solcher Menge in der Flüssigkeit aufgelöst erhalte, ihr immerfort so viel davon zusetze, daß die Auflösung möglichst gesättigt bleibe.

Geringere Störungen in den anderen Elementen.

Die anderen drei Ketten, die Sturgeon'sche Eisen-, die Grove'sche Platin- und die Bunsen'sche Kohlenkette sind, wie wir bereits wissen, so eingerichtet, daß die hier genannten Metalle in concentrirter Salpetersäure oder in einem Gemisch von dieser und von concentrirter Schwefelsäure stehen. An diesen negativen Metallen scheidet sich der Wasserstoff aus, derselbe könnte sie polarisiren, allein da er sich status nascens befindet, an dem Metalle keinen verwandten Körper hat, wohl aber in der Salpetersäure einen locker gebundenen Sauerstoff, so verbindet er sich mit diesem sofort zu Wasser (wobei ein entsprechender Antheil von salpetriger Säure frei wird, daher der sehr beschwerliche Dampf bei dem Gebrauche dieser Apparate) und durch diesen Vorgang wird das negative Metall nicht polarisirt, sondern im Gegentheile sogar noch depolarisirt, wodurch seine im Gegensatz zu dem Zink an sich schon sehr hohe elektrische Spannung noch um ein nicht Unbedeutendes gesteigert wird.

In diesen aus den Bedingungen der eigenthümlichen Zusammensetzung

hervorgehenden Eigenschaften dieser Ketten ruht ihr Hauptvorzug, der nicht sowohl in ihrer außerordentlichen Spannung besteht (diese kann allenfalls durch Vermehrung der Plattenpaare bis zu jedem beliebigen Grade erhöht werden, wie wir an der Davy'schen Batterie sehen, welche 2000 Elemente zählt und diese große Spannung ist auch unter anderen bei der Daniell'schen oder Becquerel'schen; beide Physiker streiten sich um das Verdienst der Erfindung, gar nicht so groß) als vielmehr in ihrer Unveränderlichkeit, sie sind möglichst constant, ihr Stromeffect ändert sich nur sehr langsam.

Stromrichtung.

Bei allen diesen Apparaten erhält man einen ganz gleichmäßigen, lang andauernden Strom von Elektricität, den man durch Vermehrung der Plattenpaare zu einer ungemein hohen Spannung bringen kann.

Das Zink ist immer, es mögen die Theorien der Chemiker darüber sagen was sie wollen, das positive Metall, in der Säure geht der Strom vom Zink zum Kupfer, in dem Drahte, der außerhalb der Säure Kupfer und Zink mit einander verbindet, natürlich von dem Kupfer zum Zink, aber nicht, weil das Kupfer positiv geworden ist, sondern weil es die positive Elektricität des Zinkes erhalten hat, wie der Conductor einer Elektrisirmaschine, und weil es dieselbe in dem eingeleiteten Kreislauf in dem Element oder in der Säule, dorthin schicken muß, wo das aufgehobene Gleichgewicht negative Elektricität hervorgebracht hat, zu dem Zink nämlich, das seine positive Elektricität dem Kupfer übergeben.

Man kann sich von der Richtigkeit dieser Ansicht sehr leicht überzeugen, wie wir später bei der Lehre vom Elektromagnetismus wahrnehmen werden.

Trockne Säulen.

Zu allen diesen verschiedenen Combinationen kommen noch solche, bei denen lauter trockne Körper (keine flüssige) angewendet werden, es dürfte jedoch dies nicht in aller Strenge anzunehmen, also höchstens zu sagen sein, man habe eine Säule aus lauter scheinbar trocknen Substanzen aufgebaut.

Von der Annahme, daß die Körper trocken seien, rührt der Name, trockne Säulen, von ihrem Erfinder, dem italienischen Naturforscher Zamboni, der Name Zamboni'sche Säulen her. Da es nicht unwichtig ist, dieselben zu kennen, weil sie den Hauptbestandtheil eines sehr allgemein

verbreiteten Elektrometers bilden, so wollen wir ihre Anfertigung und ihren Gebrauch hier näher betrachten.

Mit einem großen Locheisen, wie es etwa zu den Pflastern einer Büchse von großem Caliber gebraucht wird, oder mit einem Stecheisen zu Oblaten von 1 Zoll Durchmesser schlägt man sich aus Goldpapier (Kupfer) und Silberpapier (Zink) gleich viel Platten, etwa 200 aus. Der metallische Bezug stellt die beiden bekannten Elektromotoren vor und das Papier (leider doppelt so viel als nöthig) bildet den zwischen jedem Paar und dem folgenden liegenden feuchten Leiter. Wir sagen feuchter Leiter, obschon die Säule trocken sein soll, die Sache ist diese, daß, wenn man die Blättchen nach dem Ausschlagen, in der warmen Ofenröhre wirklich scharf trocknet, keine Spur von Wirkung zu finden ist.

Diese Blätter Gold- und Silberpapier mit der natürlichen Feuchtigkeit, welche das Papier in seinem gewöhnlichen Zustande hat, werden zuvörderst so mit den Papierseiten an einander gereiht, daß immer ein Gold- und ein Silberpapier ein Paar bildet, dann werden diese Paare so über einander geschichtet, daß alle Kupfer nach unten, alle Zink nach oben liegen.

So geschichtet bringt man sie in eine wohl getrocknete und gefirnißte Glasröhre, welche auf jeder Seite mit einer angekitteten Fassung versehen ist, wodurch man mittelst zweier Schrauben die in der Röhre liegenden Blättchen stark auf einander drücken kann.

Diese mit Blättchen gefüllten Röhren nennt man Zamboni'sche Säulen und kann man durch Berührung eines Elektroscops mit einer der Fassungen, die darin vorhandenen und sich Jahre lang immer wieder ersetzenden Elektricitäten zeigen, eben so wie man sie zur Untersuchung einer anderen Elektricität, die ihnen dargeboten wird, anwenden kann.

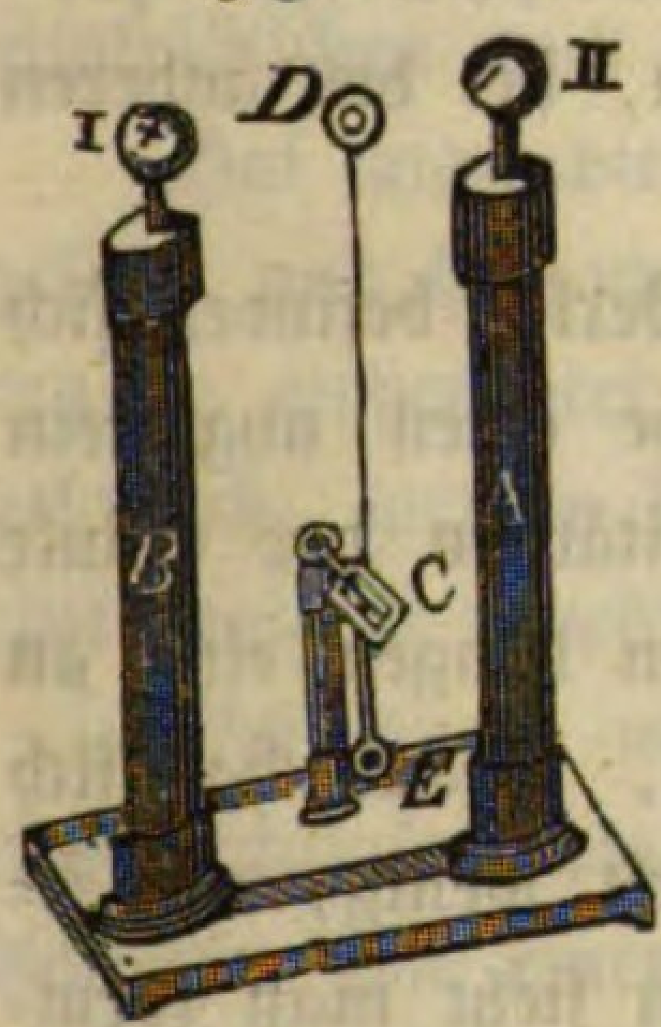
Es hänge z. B. ein Kügelchen von Pflanzenmark an einem seidenen Faden, wie er vom Cocon kommt, man elektrisire das Kügelchen mit einer geriebenen Substanz, deren Elektricität man nicht kennt, und nähere ihr nun einen der Pole der Säule, z. B. den positiven. Wird das Kügelchen davon abgestoßen, so ist die Elektricität desselben positiv, wird das Kügelchen dagegen angezogen, so ist es negativ elektrisirt.

Ein Jeder begreift leicht, daß man die Zamboni'sche Säule in einen Glaskasten legen, die Pole derselben durch Drahtverlängerungen aber einander so nähern kann, daß ein dazwischen hängendes Kügelchen leicht sowohl das eine als das andere Ende erreichen kann. Man sieht auch, daß dieses nicht ein Kügelchen an einem seidenen Faden zu sein braucht, sondern daß es ein feines Streifchen Goldblatt sein könne, und so ist das Fechner'sche Elektrometer (von Kleiner in Berlin ganz vortrefflich gearbeitet) fertig. Es

dient zu den feinsten Untersuchungen, wie z. B. die über die freie Elektricität zweier sich berührender Metallplatten und hält sich Jahre lang wirksam.

Man kann diese Zamboni'schen Säulen sehr groß und zahlreich an Plattenpaaren machen; in Stuttgart, in der Privatbibliothek des Königs befinden sich ein Paar solche Säulen zu einem sogenannten Perpetuum mobile verwendet, welche nach Angabe des Mechanikus 24,000 Plattenpaare, d. h. 48,000 Papierblättchen (Kreise von beinahe 3 Zoll Durchmesser, was übrigens ganz überflüssig ist) enthalten sollen, nachweislich unwahr, da man nur betrachten darf, daß 48,000 Blätter Papier wenigstens eine Höhe von 21 preuß. oder ungefähr 23 würtemb. Fuß haben müßten; jede Säule hat aber noch nicht 2 Fuß Höhe, folglich im Ganzen den sechsten Theil, also gewiß nicht mehr als 4000 Plattenpaare. Doch dies nebenbei, der Mechanikus will von einem Könige mehr profitiren als von einem andern Manne, es kommt ihm daher auf eine Hand voll Noten nicht an. Das Perpetuum mobile geht gewöhnlich 10 Jahre lang. Ein gut balancirter Pendel *CD* entweder senkrecht, oder wie die Arme des Wagebalkens horizontal schwebend, ist leicht beweglich und sehr gut isolirt. Er steht auf dem Glasfuße *E* zwischen den beiden obersten Enden der Säulen, so daß er die beiden Knöpfe *I* und *II*, welche sie schließen, gut erreichen kann. Die beiden unteren Enden der Säule stehen zwar überhaupt durch den Untersatz von Glas isolirt, sind jedoch unter einander genau metallisch verbunden. Der Pendel wird nun mit einem der beiden Knöpfe in Berührung gebracht; sogleich ladet er sich mit der freien Elektricität dieses Poles und wird alsdann abgestoßen. Die Ladung aber giebt der Anziehungskraft der anderen Säule Gelegenheit, die Bewegung des Pendels zu ihr hin zu benutzen und weil dieser Theil der Säule entgegengesetzte Elektricität von der vorigen hat, so hört die Anziehung nur mit der Berührung und dem Austausch auf, so daß jetzt der Pendel die entgegengesetzte Elektricität von vorhin erhält, und von hier abgestoßen wird und wieder hinüber flieht.

Fig. 123.



Zamboni selbst hat sehr bald bemerkt, daß die Feuchtigkeit das belebende Princip dieser Säule ist und hat deshalb sie nicht verschlossen, sondern der Luft ausgesetzt, und da das Papier Feuchtigkeit aus der Luft anzieht, auch Anfangs lebhaftere Wirkungen erhalten; allein sehr bald folgte daraus eine Oxydation der Metalle und damit hörte die Wirkung ganz auf. Daher ist für die Zwecke der Elektrometrie (wobei man ohnedies eine con-

stante Elektricitätsquelle, eine nicht in ihrer Stärke wechselnde sucht) das Einschließen in luftdicht verkittete Glasröhren das vortheilhaftere.

Man fertigt die Blättchen zu den Säulen übrigens auf mancherlei ganz verschiedene Weise; so ist z. B. vorgeschlagen worden, Braunsteinpulver mit Zuckerwasser oder mit verdünntem Honig zu einer verstreichbaren Farbe anzurühren und diese auf die weiße Seite von unechtem Silberpapier aufzutragen, darauf die so behandelten Bogen trocknen zu lassen und daraus die Blättchen auszuschlagen. Der Verfasser hat diesen Versuch vor einer Reihe von Jahren gemacht und gefunden, daß die Wirkung außerordentlich war, zwei Säulen von etwa 9 Zoll Höhe gaben ganz deutlich sichtbare Fünkchen gegen einander, was große Physiker, wie Erman u. A., als noch nicht an trocknen Säulen dagewesen erklärten; allein vielleicht gaben diese Apparate nur deshalb Funken, weil das Papier durch den Honig immer etwas feucht blieb, zu feucht für die längere Dauer der Wirkung, denn nach einigen Jahren hörte jede Spur von Thätigkeit auf.

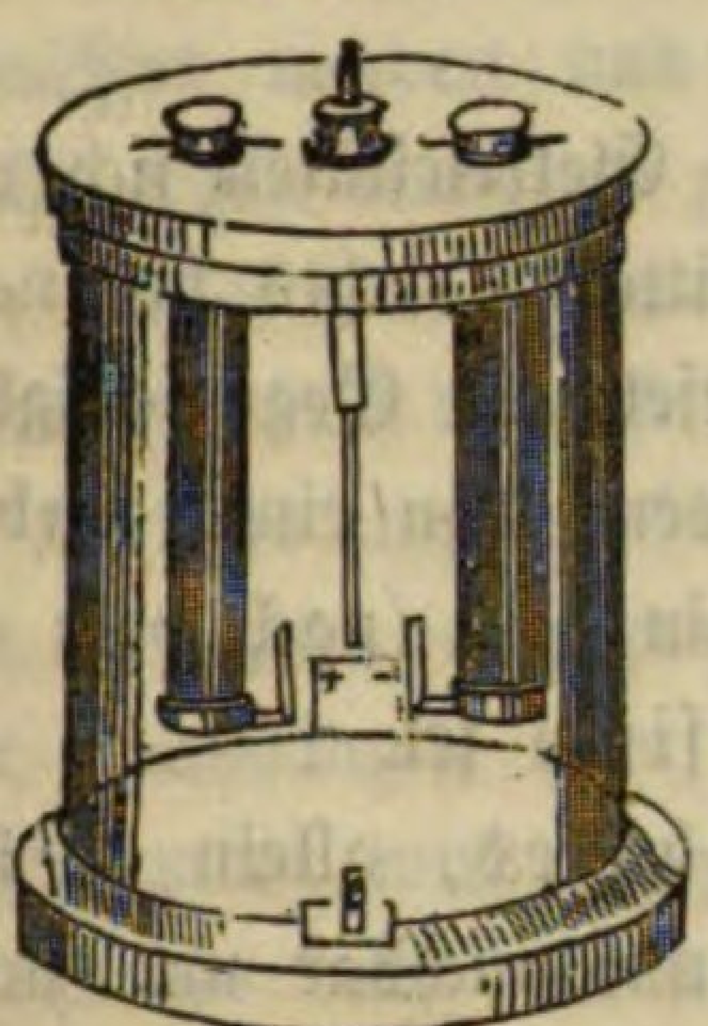
Eine sehr gute Methode scheint zu sein: unechtes Silberpapier auf der linken Seite unecht vergolden zu lassen. Jedes Plattenpaar hat hierbei nur eine Papierdicke zwischen seinen beiden Metallen, bei der anderen Methode immer zwei, was jedenfalls störend wirkt.

In dem physikalischen Cabinet der Kriegsschule in Berlin befinden sich zwei ergraute, sehr alte Zamboni'sche Säulen, welche einen ungemein schönen Beweis für die steigende Thätigkeit der Elektricität in der Säule von der Mitte nach den Enden zu liefern. Die Säulen hängen eine an der anderen (dadurch sind also beide zu einer vereint), Staub hat sich darauf gesetzt; in der Mitte am Vereinigungspunkt äußerst wenig, mit jedem Zoll auf- oder abwärts mehr und an beiden Enden sieht man förmliche Staubdendriten; die Enden scheinen mit Moos bewachsen, so sehr steigert sich die Wirkung nach den Polen zu.

Bohnenberger's Elektroscop.

Die weiter oben angedeuteten Elektroscope mit trocknen Säulen wurden zuerst von Bohnenberger angegeben. Ein cylindrisches Glas, dessen Boden abgeschnitten ist, steht auf einem hölzernen Fuß luftdicht angekittet. Die obere Fläche ist mit einem Metalldeckel versehen, durch dessen Mitte ein Stift geht, an welchem unten ein Streifchen Goldblatt hängt, indessen der obere Theil eine Schraube trägt, so daß man auf denselben eine Platte schrauben und diese als unteren Theil eines Condensators (s. Fig. 125) benutzen kann.

Fig. 124.



In der Deckelplatte sind zwei Einschnitte, durch welche eine Schraube geführt werden kann. Die Schraube wird, wie die Zeichnung lehrt, durch Knöpfchen gehalten und vermöge dieser kann man die Stifte in den Einschnitten verschieben und der Mitte der Metallplatte beliebig nähern und dort befestigen.

Von den Einschnitten sieht man im Innern des cylindrischen Glases zwei schattirte Röhren herabhängen, das sind die Zamboni'schen oder trocknen Säulen, deren Verbindung durch die Platte oben vermittelt wird. Sie sind so geschichtet, daß die eine (rechts) ihren negativen oder — Pol, die andere (links) ihren + oder positiven Pol unten hat. Die Säulen sind sehr dünn, die Röhrchen nicht über ½ Zoll weit und gefüllt mit abwechselnden Silber- und Goldblättchen, wobei jedoch auf die vollkommen regelmäßige Schichtung zu sehen ist, so daß bei der mit — bezeichneten alle Kupferplättchen, bei der mit + bezeichneten alle Zinkplättchen nach unten sehen.

Hat man dieses so bewerkstelligt, die Fassungen auf die Glasröhren gekittet und hat man endlich die Schrauben an den oberen Enden der Röhren so eingerichtet, daß sie in das Innere der Röhren dringen und dazu gebraucht werden können, die Papierblättchen zusammenzudrücken, wodurch eine innigere Berührung derselben entsteht, so ist der Apparat fertig.

Bei einem neuen Elektroscop der Art wird man nun sogleich, auch ohne Hinzukommen eines elektrischen Körpers, wahrnehmen, daß das Goldblättchen von einer der Säulen zur andern flieht und so zwischen beiden pendulirt. Man entfernt durch die Schlitze auf dem Deckel des Apparates die Säulen so weit von einander, daß ein solches Hin- und Herschwanken des Goldblättchens nicht mehr stattfindet und jetzt hat es diejenige Einrichtung, welche zum sorgfältigen Experimentiren nöthig ist. Nehmen wir an, die Pole der Säulen stünden so wie hier durch + und — angegeben, so wird man bei der Annäherung eines elektrischen Körpers, dessen Elektricität man nicht kennt, auf den ersten Blick entscheiden können, welch eine Elektricität er enthält.

Erinnern wir uns des S. 29 ausgeführten Satzes, daß gleichnamige Elektricitäten einander abstoßen, so wird man zugeben müssen, daß, wenn dem oberen Theile der in der Mitte stehenden Schraube (welche das Goldblättchen hält) oder einem darauf gesetzten Condensatorteller ein positiv elektrisirter Körper genähert wird, dieser die positive Elektricität des Tellers,

der Schraube und des Goldblättchens an das äußerste Ende des letzteren jagt, daß also dieses positiv werden muß.

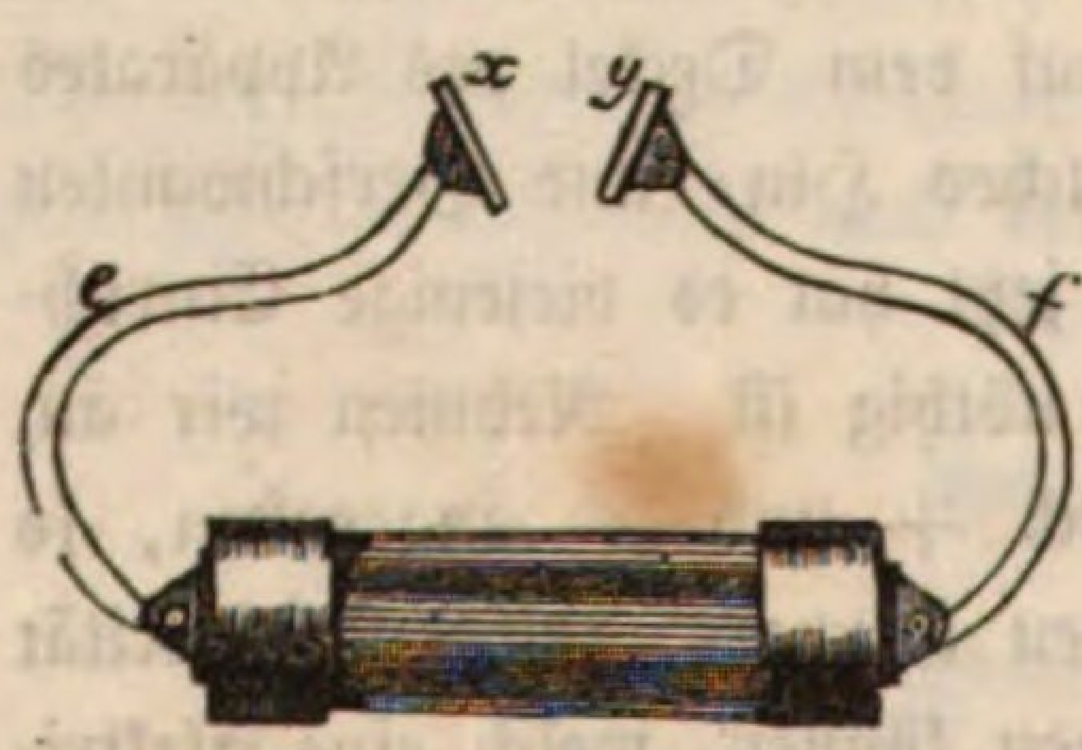
Nun wissen wir eben daher, daß ungleichnamige Elektricitäten sich anziehen, es wird mithin das positiv gewordene Goldblättchen rechts hin nach der negativen Säule gezogen werden. Nach dem Gesetz der Gegenseitigkeit aller Wirkungen wird man schließen müssen, daß, wenn von einer unbekannten Kraft elektrisirt, das Goldblättchen rechts hin geht (nach dem — Pol der beiden Säulen), der elektrisirende Körper positiv sei.

Somit wäre dies Instrument ein sehr brauchbares, allein es hat einen abscheulichen Fehler, es wird alle Augenblicke unbrauchbar und zwar deshalb: nicht bloß der unterste Theil der Säulen ist elektrisch, sondern bis zur Mitte hinein jeder Theil derselben, daher hängt sich das leicht bewegliche Goldblättchen sehr häufig an die Glassäule und ist nur unter Zerreißung desselben los zu bekommen. Wer aber öfter seine Goldblättchen an den Elektroscopen selbst erneuert hat, weiß sehr wohl, daß dieses durchaus keine Arbeit ist, die man etwa zu seinen besonderen Privatvergnügungen unternimmt. Daher haben Alle, die sich mit diesem sonst sehr schätzbaren Instrument befaßt, sich bemüht, die demselben anhaftenden Uebelstände zu beseitigen und dies ist auch gelungen.

Fechner's Verbesserungen.

Zuerst sehen wir schon an der Zeichnung Fig. 124 eine Aushülfe, welche darin liegt, daß an jeder der Säulen unten ein hervorstehendes polirtes Metallplättchen angebracht ist, so daß die Spitze des Goldstreifens dieses wohl, nicht aber die Glasröhre mit der trocknen Säule berühren kann; dies hilft schon sehr, allein Fechner hat noch eine bedeutende Verbesserung angebracht, welche darin liegt, daß die trockne Säule ganz fern von dem Goldblättchen gehalten wird. Die Zeichnung giebt dieselbe hierneben liegend an, ihre Blättchen sind viel größer, etwa 1 Zoll im Durchmesser haltend und sie befindet sich in einem Kasten, welcher von dem darauf stehenden Elektroscop ganz abgesondert ist.

Fig. 125.



An den beiden Fassungen der etwa 8 Zoll langen Säule befinden sich bewegliche Charniere, welche die Drähte *e* und *f* tragen. An ihren Enden sind abermals Charniere, auf denen die Platten *x* und *y* sitzen. Man sieht

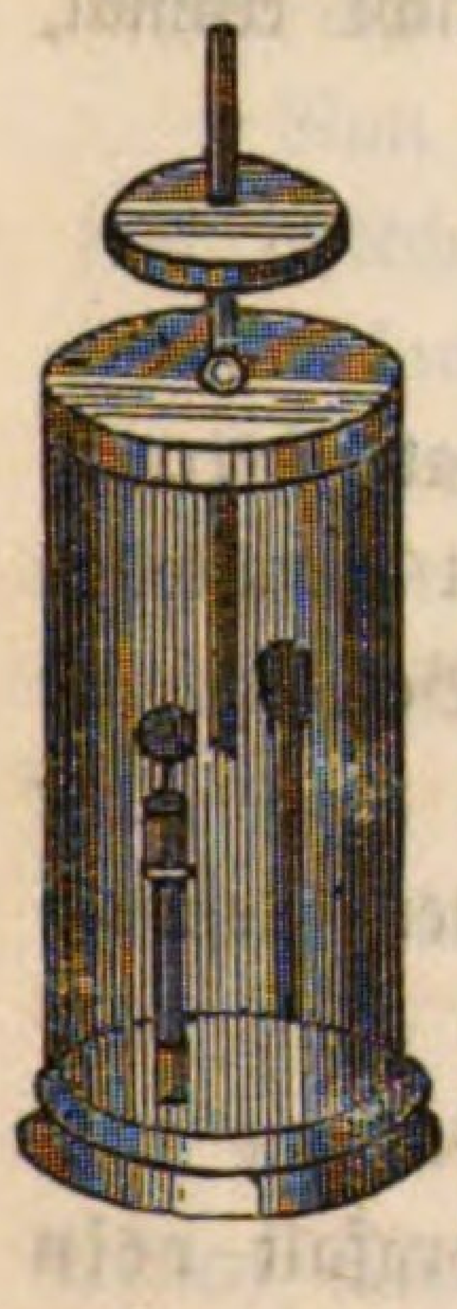
aus dieser Einrichtung sofort, daß die Platten x und y einander beliebig genähert werden und in dieser beabsichtigten Nähe auch schräge oder senkrecht gegen einander gestellt werden können.

Aus dem unteren Kasten, in welchem die Säule liegt, reichen die Arme in den darauf'stehenden zweiten, in welchem das Goldblättchen hängt, es wird so angebracht, daß es gerade in der Mitte dieser Platten schwebt. Es ist nun von dem störenden Einfluß der Säule selbst entfernt, ist von ihr unabhängig und schwebt doch sicher zwischen ihren Polen; allein das Instrument wird ungeschickt groß und schwerfällig und ist sehr viel kostbarer als das andere.

Einfachere Einrichtung.

Viel einfacher ist das folgende, welches der Verfasser schon vor mehr als 30 Jahren verfertigt. Es ist ganz das Bohnenberger'sche, nur mit dem einzigen Unterschiede, daß die kleinen Säulen nicht von der oberen Platte herabhängen, wodurch eben der Uebelstand herbeigeführt wird, daß das Goldblättchen sich an sie anhängen kann, sondern daß sie auf dem Fußbrette stehen und ihre Pole emporragen. Nunmehr sieht man sofort, daß ein Ankleben des Goldblättchens an die Säulen eben so unmöglich als jede andere Vorsichtsmaßregel überflüssig ist, indem dadurch nur geschadet, nicht gebessert wird. Hier ist keine unbequeme Vergrößerung des Instruments, hier sind nicht vier Charniere und zwei Glaskästen, die es theuer machen u. s. w. Es ist daher diese Form sehr zu empfehlen und es ist zu verwundern, daß sie nicht die allgemein gebräuchliche ist. Uebersehen darf allerdings nicht werden, daß der Fuß von einer dicken Glasplatte sein und nur die Verbindung der beiden Säulen metallisch gemacht werden darf; wollte man den Fuß wie gewöhnlich von Messing machen, so würden sich die Säulen in diesen entladen und die nach oben stehenden Pole hätten nur die Hälfte der nöthigen Spannung. Im Uebrigen genügt es auch, den ganzen Messingfuß auf drei Glasklötzchen oder auf eine Spiegelglasscheibe zu stellen.

Fig. 126.



Auf dem Deckel des Instrumentes steht der Condensator, welcher jedoch für dieses Elektroscop kaum nöthig ist, denn dasselbe hat eine so außerordentliche Empfindlichkeit, daß die Nachweisung der Elektricität bei Berührung der Metalle jederzeit ohne alle Künstelei gelingt. Ueberhaupt charakterisirt alle Instrumente, welche Bohnenberger er-

dacht, eine eigenthümliche Brauchbarkeit, ohne Zweifel weil er in der Schule seines Vaters praktisch ausgebildet war. Dieser, ein armer Dorfprediger im Würtembergischen, beschäftigte sich zum Aerger eines hohen Consistorii sehr angelegentlich mit der Elektricitätslehre und hat für dieselbe schlagende, sehr schätzbare Beobachtungen gemacht und eine Menge höchst praktischer und wohlfeiler Instrumente erdacht. Sein Sohn erbte diese Neigung und ward in Folge derselben Physiker. Die Universität Tübingen hatte das Glück, diesen Mann zu besitzen, der jedoch, wie immer der Prophet im Vaterlande, wenig geachtet wurde. Berlin wäre der Platz für ihn gewesen. Das Cabinet der Universität Tübingen ist eigentlich von ihm geschaffen, denn früher besaß dasselbe nur einige unbedeutende und unbrauchbare Werkzeuge, welche höchstens durch ihr ehrwürdiges Alter einigen Werth besaßen. Bohnenberger ließ nun nach seinen Angaben die nöthigen physikalischen Apparate anfertigen, allein sein Nachfolger erklärte dem Verfasser allen Ernstes: es sei etwas Abscheuliches mit diesen Bohnenberger'schen Instrumenten, sie taugten alle nichts, sie ständen nicht in Fischer's und nicht in Kries' Lehrbuch der Physik, kein Mensch könne sie mithin brauchen. Der Herr Professor am allerwenigsten, denn er wußte nicht einmal, wie man eine Windbüchse ladet.

Die galvanischen Batterien.

Nachdem wir diese einfachen und zusammengesetzten Apparate betrachtet haben, wollen wir die Versuche folgen lassen, welche damit anzustellen sind, doch muß man vor Allem einige Vorsichtsmaßregeln in Betracht ziehen, ohne deren genaue Befolgung man nicht zu glänzenden, stets sicher vorherzusagenden, sondern zu unsichern, häufig zu entgegengesetzten Resultaten gelangen wird.

Will man mehrere Plattenpaare zu einer Säule oder Batterie verbinden, so müssen die Verbindungsstellen mit der größten Sorgfalt rein gehalten werden, die Metalle müssen immer blank gefeilt, die Löcher in den Zwingschrauben, die inneren Seiten der Klammern dürfen nicht oxydirt gebraucht, sie müssen vorher gereinigt werden. Unter den Metallen ist zwar Quecksilber, einer der schlechtesten Leiter der Electricität, allein man wird dennoch wohl thun, die Verbindungsstellen zweier Metalle zu amalgamiren; sind nämlich die sich jetzt berührenden Flächen auch Quecksilber statt früher Zink und Kupfer, so sind doch jetzt Tausende von Berührungsstellen vorhanden, statt daß sonst nur einige wenige vorhanden waren. In vielen Fällen wird man sogar wohl thun, die beiden Metalle nicht zu verquicken, sondern sogar zusammen zu löthen, eine Fertigkeit, welche überhaupt jeder

Physiker, selbst der Dilettant in diesem Fache, sich anzueignen suchen sollte, indem dieselbe ihm bei seinen Operationen sehr häufig wichtige Dienste leisten wird.

Leitungswiderstand.

Eine zweite Regel ist von Ohm aufgestellt und bildet die Basis des Ohm'schen Gesetzes. Man hat in früheren Zeiten ganz ohne Sinn und Verstand umhergefühlt und getastet, wenn man mit Batterien operirte. Der Eine wollte Metalle elektrisiren und wählte Batterien mit kleinen, aber sehr vielen Plattenpaaren; der Andere wollte physiologische Wirkungen erzielen und wählte recht große Platten; ein Dritter vereinigte die Größe der Platten mit einer ungewöhnlichen Anzahl und Alle erhielten nicht die gehofften Resultate, während auf dem rechten Wege gehend ein Jeder zu den seinigen hätte gelangen müssen. Man berücksichtigte nämlich den Leitungswiderstand im Innern der Säule nicht und dieser ist enorm, ist ganz unglaublich viel größer als in Metallen. Das Wasser z. B. leitet 6400 Millionen Mal schlechter als Kupfer, dagegen Salzsäure schon an 400 Mal besser als Wasser.

Nun ist eine vielfältig bestätigte Erfahrung, daß man auch einen sehr schlechten Leiter, wie Wasser oder Erde, zu einem besseren und guten machen kann, wenn man ihm nur eine hinlängliche Ausdehnung giebt. Leitet ein Kupferdraht von $\frac{1}{10}$ Linie Durchmesser (also von $\frac{1}{100}$ Quadratlinie) die Elektricität auf eine gewisse Weise, die wir 1,000 nennen wollen, so leitet ein Wasserstreifen von demselben Durchmesser dies 6000 Millionen Mal schlechter. Vergrößert man den Durchmesser des ganzen Wasserstrahles aber bis auf eine Linie, so ist die Durchschnittsfläche 100 Mal so groß, also leitet diese Wassermasse die vorhandene Elektricität 100 Mal leichter, d. h. wir haben nicht mehr einen 6000 Millionen, sondern nur einen 60 Millionen Mal größeren Leitungswiderstand. Gehen wir weiter und machen wir die Fläche nicht eine Quadratlinie groß, sondern erheben wir sie zu 10 Quadratzoll, so ist sie nunmehr im Stande, das 144,000fache von dem zu leiten, was sie früher leitete und ihr Leitungswiderstand ist statt 6000 Millionen Mal größer als der des Kupfers, nicht einmal mehr 50,000 Mal größer als der des Kupfers, man hat demnach so außerordentlich gewonnen, daß man doch ein Ziel vor sich hat und es ist keine in's Unendliche gehende Vergrößerung mehr vonnöthen, so wird das Wasser eben so gut leiten als das Metall, nämlich wenn man seine Durchschnittsfläche etwa 2800 Quadratfuß groß machte. Nimmt man aber zu dem Wasser einen Zusatz von etwa 10 Procent einer concentrirten Säure, so wird dadurch die

Leitungsfähigkeit so erhöht, daß man nunmehr mit $\frac{2}{3}$ Quadratfuß auskommt, denn diese Durchschnittsfläche leitet die Elektricität schon eben so gut als ein gleich langer Kupferdraht von $\frac{1}{100}$ Quadratlinien.

Ohm's Gesetz.

Dieser Satz ist von einer außerordentlichen und von einer doppelten Wichtigkeit, er lehrt uns, daß wir uns einen metallischen Leiter ersparen, daß wir statt eines viele Meilen langen theuren Kupferdrahtes einen Bach, einen Fluß, die Erde selbst nehmen können und er lehrt uns, wo wir große und wo wir viele Platten beim Aufbau einer Säule anzuwenden haben. Wenn der Leitungswiderstand außerhalb der Säule nämlich sehr gering ist, wenn man die Elektricität durch gute Leiter von mäßiger Länge schicken will, so braucht man nur ein, höchstens zwei Plattenpaare und je größer diese sind, desto besser ist es, desto mehr Elektricität wird durch die Leiter gehen. Ist der Leitungswiderstand außerhalb der Säule dagegen groß, will man die Erde zum Leiter brauchen, will man viele Meilen eines Metalldrahtes anwenden, soll die Elektricität durch den thierischen Körper strömen, so muß der Widerstand dieses an sich schlecht leitenden oder durch ihre Länge schlechtleitend werdenden Körpers durch die Höhe der elektrischen Spannung überwunden werden und dies wird dadurch erreicht, daß man viele Platten auf einander schichtet. Dabei kommt es auf die Größe derselben gar nicht an, man müßte denn in 20 Meilen Entfernung etwa ein Stück Eisen stark magnetisiren wollen, so daß es Hunderte von Pfunden trüge, was wohl Niemand einfallen wird; um dagegen kleine Eisenstücke auf große Entfernungen mäßig zu magnetisiren, bedarf man nicht einer so gewaltigen Verschwendung von Metall, wie man es früher getrieben hat und bei physiologischen Versuchen gar nicht, denn eine Volta'sche Säule von 100 Plattenpaaren, gut und sorgfältig aus Pfennigen und entsprechend großen Zinkstücken geschichtet, erschüttert einen Menschen eben so stark als eine Säule von eben so viel ein Quadratfuß großen Platten.

Als dieses Gesetz, von Ohm aufgestellt, bekannt wurde, da machte es, wie uns Dove in seiner vortrefflichen Abhandlung über Elektricität erzählt, den verschiedenartigsten Eindruck. Einer der wenigen ehrlichen Amerikaner, die es über sich gewinnen können, fremdem Verdienste Geltung zu gestatten, Henry in Princeton sagt: „Als ich Ohm's Theorie zuerst las, war es mir, als ob ein Blitz plötzlich ein dunkles Zimmer erleuchtete." Dagegen nannten die Berliner Jahrbücher für wissenschaftliche Kritik Ohm's Theorie „ein bloßes Gewebe von Willkühr, das sich auch nicht einmal durch den

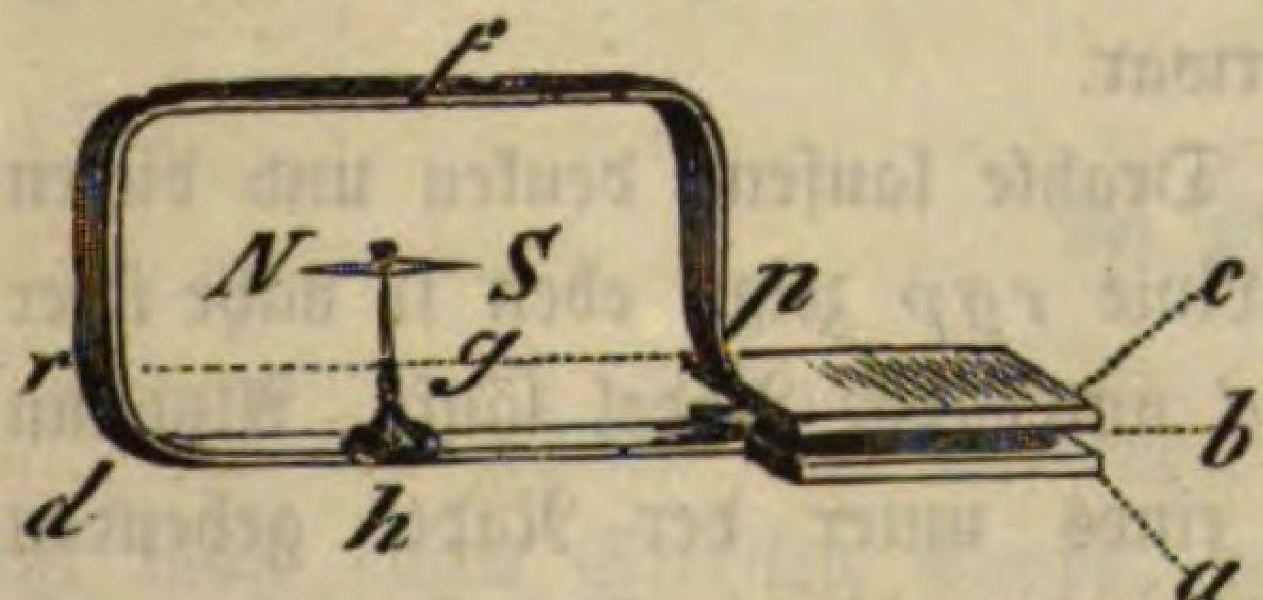
äußerlichen Schein der oberflächlichsten Rechtfertigung werde geltend machen lassen. Eine Naturforschung, welche die Natur heilig achte, müsse sich von dem Erzeugniß einer so unheilbaren Täuschung, welche die Natur herabzuwürdigen trachte, abwenden." Die Engländer, so fährt Dove fort (die königliche Societät in London), erkannten Ohm den höchsten Preis zu, den sie für Entdeckungen auf dem Gebiete der Physik ausgesetzt hatten, nämlich die Copley-Medaille und die Franzosen fanden die Entdeckung bedeutend genug, um sie noch einmal zu machen. Ein paar Jahre später entdeckte ein französischer Physiker das ganze Ohm'sche Gesetz noch einmal.

Da der Magnetismus eines der wichtigsten Erkennungs-, Prüfungs- und Messungsmittel der Elektricität ist, so müssen wir mit den betreffenden Experimenten beginnen.

Wenn man eine Magnetnadel frei hinstellt, so daß dieselbe sich beliebig bewegen kann, wird sie nach mehreren Schwingungen die Stellung von Nord nach Süd (ungefähr, eigentlich von Nord-Nord-West nach Süd-Süd-Ost) einnehmen. Führt man unter ihr ein Ende Draht hindurch (von welchem Metall es sei, nur nicht von Eisen), das an einem Kupferblech befestigt (angelöthet oder angeschraubt) ist, legt man darauf ein Stück mit Salzwasser oder verdünnter Säure benetzter Pappe und auf dieses ein mit beiden vorhergehenden Stücken gleich großes Zinkblech, so hat man erstlich die Bedingungen zur Erweckung eines elektrischen Stromes und zweitens erhält man diesen wirklich in dem Augenblick, wo der unter der Magnetnadel hinlaufende Draht, ohne dort seine Stelle zu verlassen, aufwärts über die Nadel hinweg bis zur Berührung mit dem Zink geführt wird.

Unter allen möglichen Abänderungen wiederholt, wird das Experiment stets denselben Verlauf nehmen. Die Nadel *N S* auf dem Stifte *g* zeigt von Norden nach Süden, der Kupferstreifen *p f d*, an der Kupferplatte *a* angelöthet, läuft gleichfalls von Norden nach Süden. *a b c* ist das Plattenpaar mit *b* als feuchtem Leiter und *a d f* ist der Kupferstreifen, welcher von *a* ausgehend zuletzt die Zinkplatte in einem beliebigen Punkte *p* berührt.

Fig. 127.



So lange die Berührung nicht stattfindet, so lange bleibt die Nadel ruhig, in dem Augenblick, in welchem die Spitze des Drahtes die Platte *c* berührt, erhält das Nordende einen heftigen Schwung und zwar, wenn man auf die Nadel herabsieht, in der Gegend des Plattenpaares stehend, nach der rechten Seite des Experimentators.

Kehrt man die Stellung des Apparats um, so daß die Platten bei *d* liegen und wiederholt man das Experiment wieder in der Gegend der Platten, nunmehr also bei *d* stehend, so weicht die Nordseite der Nadel wieder nach rechts vom Experimentator ab

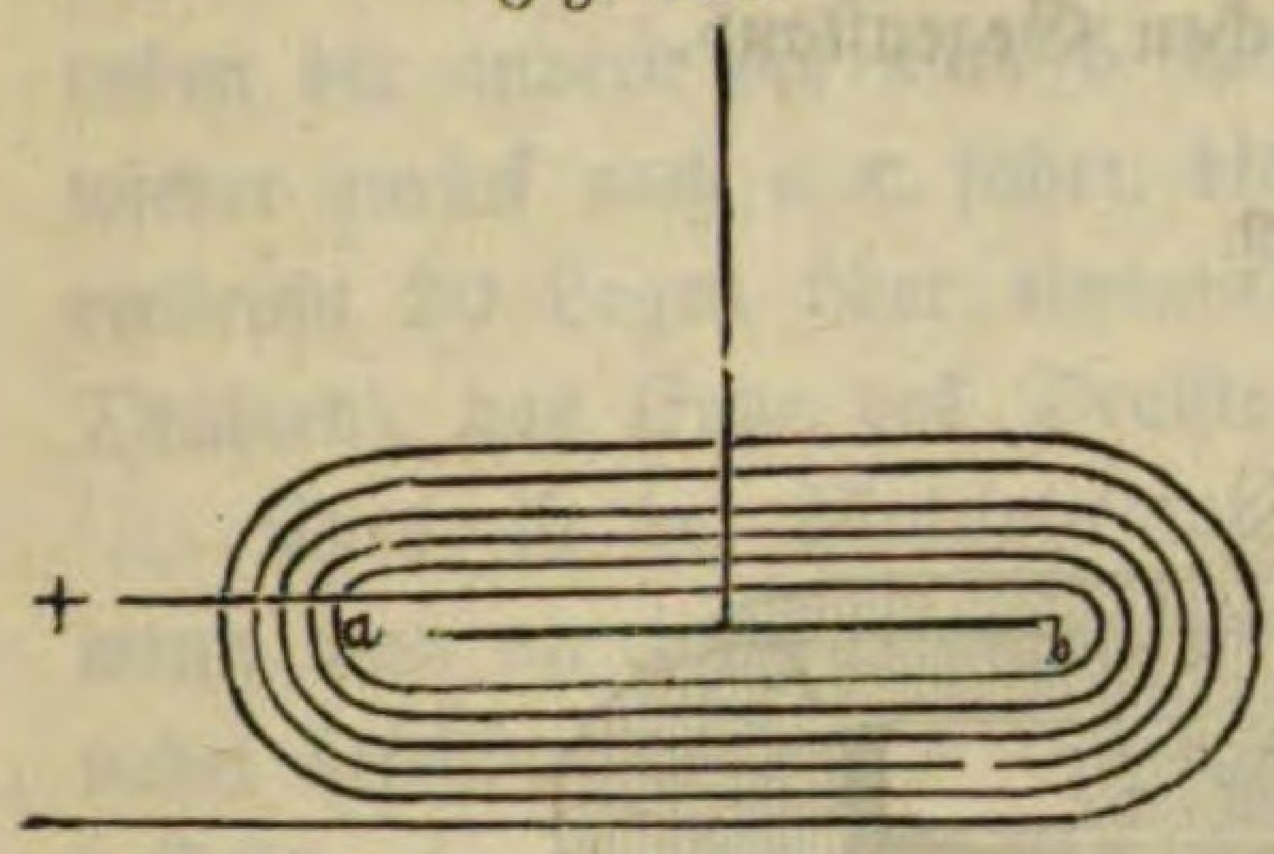
Man kann dies viel allgemeiner folgendermaßen ausdrücken: Man denke sich um den Draht her einen Strom, der von dem Kupfer zum Zink geht, man denke sich selbst in dem Strom und zwar mit demselben, also vom Kupfer zum Zink schwimmend und nach einer in demselben Strom befindlichen Magnetnadel sehend, so wird die Magnetnadel unter allen Umständen, von dem Beschauer aus gerechnet, ihren Nordpol links wenden. Steht die Nadel unter dem Draht, so muß sich der Experimentator darüber schwimmend denken. Steht die Nadel auf einer Seite des Drahtes, so befindet sich derselbe auf der Seite in und mit dem Strome schwimmend und nach der Nadel sehend, er wird auch hier eine Ablenkung der Nordpolspitze nach links, d. h. nach oben oder nach unten haben. Hieraus geht aber auch wieder hervor, daß wenn vier Nadeln um denselben Draht stehen, sie für den mit der Erscheinung nicht vertrauten Zuschauer, der außerhalb des Stromes ist, ganz verschiedene Richtungen zu zeigen scheinen und zwar die Nadel über dem Drahte mit demselben Pol links, auf der einen Seite des Drahtes aufwärts, auf der anderen Seite abwärts. Wenn des Beschauers Stellung so ist, daß er bei dem Plattenpaare steht und der Verbindungsdraht sich von diesem nordwärts erstreckt, auch die Nadeln sich an dem Kupferdrahte befinden, der von der u n t e n liegenden Kupferplatte ausgeht. Man kann bei den Bestimmungen nicht vorsichtig genug sein, weil die Stellung Alles verkehrt.

Aus dieser Verwirrung hilft vollkommen die oben gedachte Vorstellung, sie bringt Regel in den scheinbaren Wirrwar.

Man kann sich den Strom in dem Drahte laufend denken und diesen Draht, wie Fig. 127 bei der punktirten Linie *rgp* zeigt, eben so nahe über der Nadel hinweg führen, wie er in *ahd* unter der Nadel läuft. Alsdann hat man die Wirkung eines über und eines unter der Nadel gehenden Stromes verbunden und da sie ganz gleichartig auf die Nadel wirken (die Ströme), so wird der Effect bloß ein stärkerer, nicht ein anderer sein. Läßt man den Draht sich, bevor er die Zinkplatte *cp* erreicht, noch einmal abwärts krümmen und zum zweiten Male um die Nadel gehen, so hat man (vorausgesetzt die Drahtschlingen berühren sich in keinem Punkte) den vierfachen Effect von dem einfach darunter hinwegleitenden Strome; derselbe wird nämlich bei der Wiederkehr verdoppelt, bei der neuen Entfernung von

Plattenpaaren giebt er eine dritte Einheit und bei der Wiederkehr zu demselben eine vierte ab.

Fig. 128.



Man sieht leicht, daß dieses wird weiter fortgesetzt werden können, wie Fig. 128 deutlich zeigt, wenn man nur im Stande ist, die Berührung der Drähte unter sich zu hindern. Was bei der Reibungselektricität unmöglich wäre, weil diese eine hohe Spannung hat und Funken von einer Windung zur andern springen würden, das geht bei der Berührungselektricität, welche eine so hohe Spannung nicht hat (wiewohl eine unendlich größere Stromstärke) sehr gut. Man umgiebt nämlich den Draht, bevor er zu mehreren Windungen geschlungen wird, mit einem Nichtleiter, d. h. man läßt ihn mit Seide überspinnen, oder was eben so gut ist, man läßt ihn mit Baumwolle überspinnen und firnißt ihn alsdann.

Wenn jetzt auch hundert W i n d u n g e n sich b e r ü h r e n, so b e r ü h r e n sich doch die D r ä h t e n i c h t, zwischen jedem und dem ihm nächsten, ist eine doppelte Schicht der Baumwollenfäden vorhanden.

Mit solchem Drahte versehen verschafft man sich sehr leicht ein neues Instrument von großer Wichtigkeit, dessen Erfindung wir S c h w e i g g e r in Halle verdanken, den Multiplicator, welcher in seiner jetzigen vollendeten Gestalt zum Galvanometer geworden ist und sich folgendermaßen gestaltet:

Der Multiplicator.

Um ein glattes Brettchen von ¼ Zoll Dicke und etwa 3 Zoll Länge legt man einen Streifen Pappe, dessen Enden man zusammenleimt. Der Streifen darf 1 Zoll breit sein. Zieht man das Brettchen heraus, so hat man eine hohle Form, um welche man den Draht wickelt. Bevor dieses geschieht, klebt man jedoch von jeder Seite an diesen hohlen Pappkörper ein Brettchen, welches etwa 1 Zoll länger und auch 1 Zoll höher ist als der Pappkörper, damit der aufzuwickelnde Draht nicht von dem Pappstreifen herabgleite. In die Seitenbrettchen schneidet man mit einem Federmesser gerade da, wo die Höhlung in der Pappe ist, eine Oeffnung, welche der Form der Höhlung entspricht. Ferner schneidet man auch in den Pappstreifen selbst auf einer Seite eine etwa ¼ Zoll breite Oeffnung. Die

hier stehende Zeichnung giebt die Ansicht des schwer zu zeichnenden Instrumentes von drei verschiedenen Seiten, Fig. 129 von der Seite, Fig. 130 von oben herab, Fig. 131 von vorn gesehen. In allen drei Zeichnungen bedeuten dieselben Buchstaben den nämlichen Gegenstand.

Fig. 129.

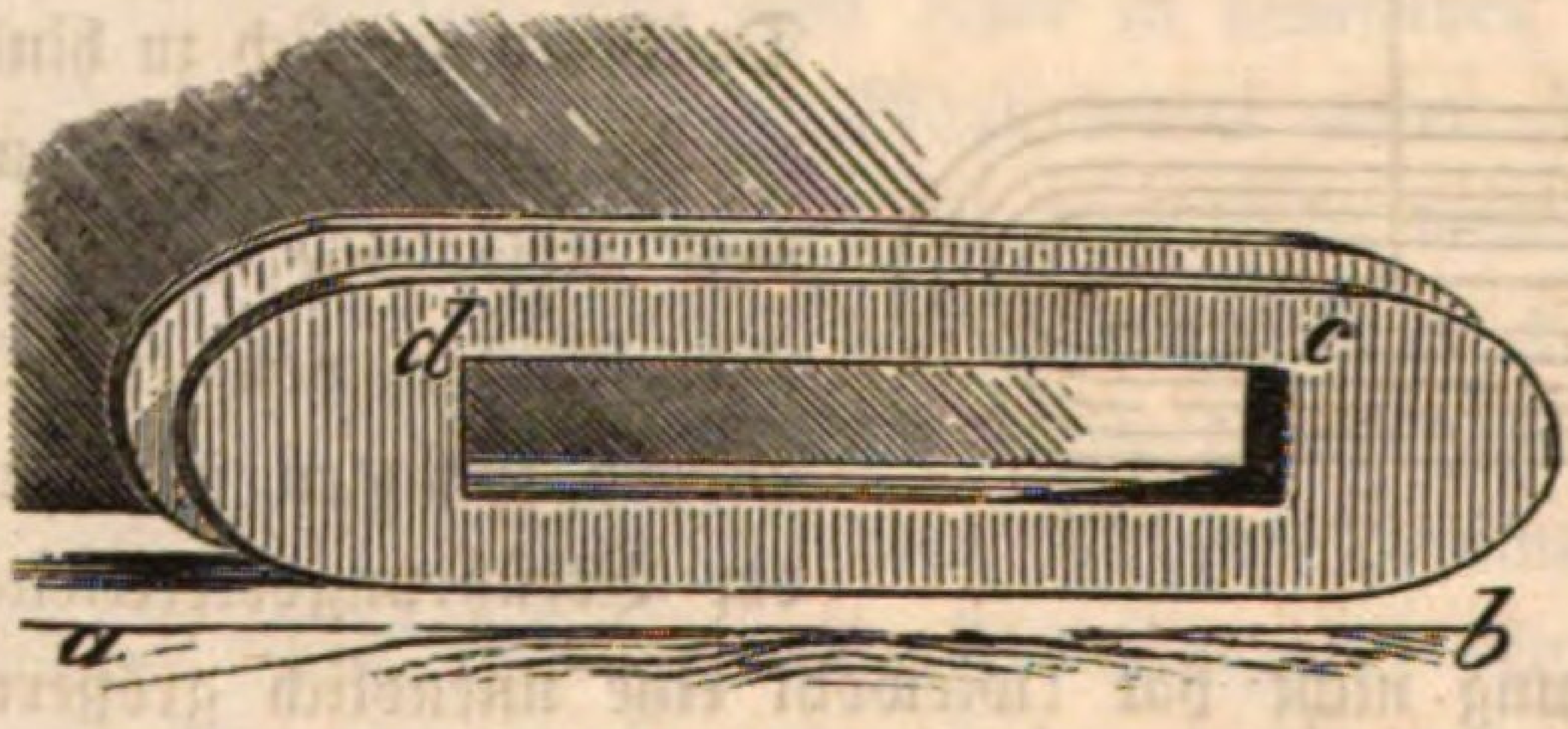


Fig. 130.

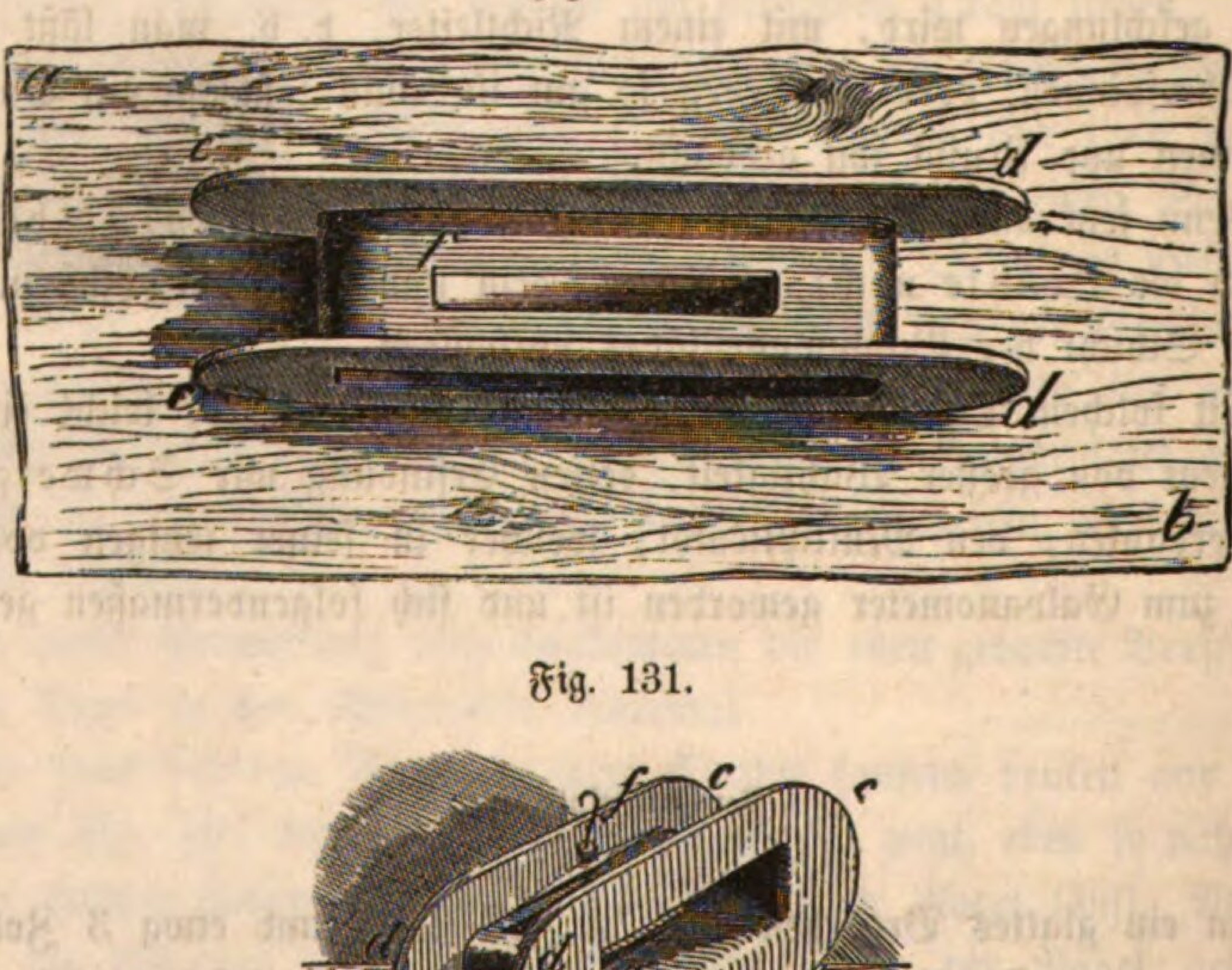
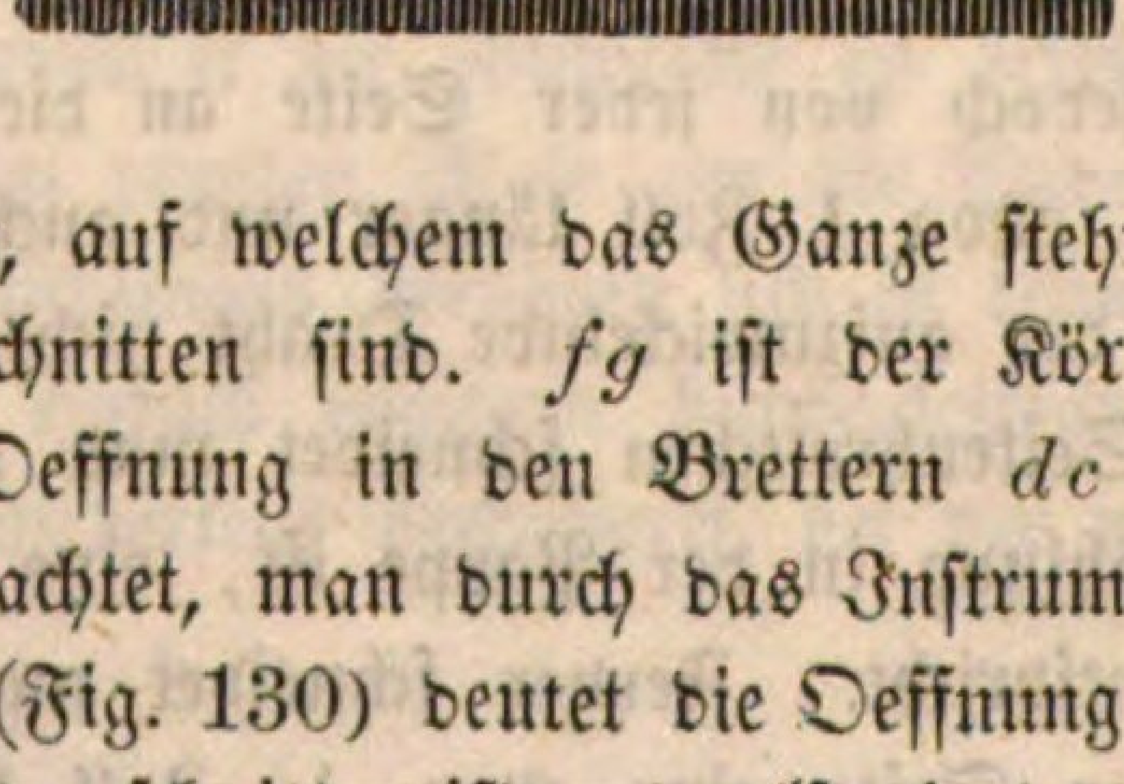


Fig. 131.



ab ist ein Brett, auf welchem das Ganze steht. *dc* sind die Seitenbretter, welche durchschnitten sind. *fg* ist der Körper von Pappe, durch welche hindurch die Oeffnung in den Brettern *dc* geht, so daß von der Seite (Fig. 129) betrachtet, man durch das Instrument hindurch sehen kann. Der Einschnitt bei *f* (Fig. 130) deutet die Oeffnung an, welche in die obere Seite des Pappkörpers geschnitten ist und also in den hohlen Raum desselben

führt. In Fig. 131 auf der vorigen Seite sieht man die Brettchen *cd* und den Pappkörper *fg* von vorn, woselbst letzterer geschlossen ist.

Der Raum zwischen *cc* und *dd* wird mit Draht ausgefüllt, welchen man einerseits bei *ac* befestigt, dann ununterbrochen eine Umschlingung neben der andern bis nach *b* und von da wieder zurück bis nach *d* und wieder zurück nach *c* 2c. führt, bis man endlich bei *a* aufhört, nachdem man vielleicht 20 Lagen über einander gewickelt hat (je nach der Feinheit des Drahtes), das Ende des Drahtes knüpft man daselbst fest.

Dies ist der Multiplicator, zum Galvanometer wird derselbe erst, wenn man an einem feinen ungedrehten seidenen Faden eine feine Magnetnadel befestigt und durch den Schlitz im Pappkörper dieselbe in das Innere desselben hinab läßt, so daß sie darin ganz frei schwebt. Diese befindet sich nunmehr zwischen allen den Windungen, deren jede ihre einzelne Wirkung auf den Draht ausübt, wenn ein elektrischer Strom dieselben durchläuft und man sieht, daß, je zahlreicher die Windungen sind, desto kleiner die Elektricitätsquelle zu sein braucht, um doch noch auf die Nadel zu wirken und eine Ablenkung derselben von ihrem natürlichen Standpunkt zu erhalten.

Da die Nadel gewissermaßen in einem Kästchen schwebt, welches nur von der Seite offen ist, so ist sie schwer zu beobachten, um dies zu erleichtern, befestigt man an dem Faden ein feines hölzernes Stäbchen, das mit der Magnetnadel ganz parallel steht, aber so weit von ihr ab nach oben zu, daß, während die Nadel selbst in dem hohlen Raum zwischen *fg* schwebt, diese hölzerne über die Drahtwindungen zwischen *d* und *d* zu stehen kommt. An ihr kann man die Bewegungen der nicht sichtbaren sehr genau verfolgen und durch einen untergelegten Kreis, der in Grade getheilt ist, messen.

So gut wie man über die eigentliche Galvanometernadel ein Holzstäbchen bringen kann, eben so gut könnte man ja auch eine Magnetnadel daselbst anbringen, man würde dadurch das Instrument noch empfindlicher machen, sagt Nobili. Aber die Wirkung des galvanischen Stromes auf diese Nadel wäre ja umgekehrt, es würde also nichts gewonnen, sondern viel verloren werden — nun so kehre man die Nadel selbst um, dann ist dieser Fehler ja gehoben, dann wirkt die Strömung oben zwar verkehrt, aber auf eine verkehrte Nadel, folglich genau so wie auf die im Innern schwebende Nadel.

Eine solche Zusammenstellung, wie Fig. 132 dieselbe zeigt, nennt man eine Doppelnadel, da sie sich nicht mehr nach Nord und Süd richtet, eine astatische, oder nach ihrem Erfinder eine Nobili'sche Nadel. *ab* ist die gewöhnliche Magnetnadel, an einem kurzen Drähtchen *gf* mit zwei kleinen Schrauben befestigt, man sieht, wie Nord und Süd der Nadel gerichtet ist.

Bei *h* ist auf demselben Stückchen Draht die Nadel gerade wie bei *g* zwischen zwei Schrauben geklemmt, allein ihr *N* steht über dem *S* der unteren Nadel und ihr *S* über dem *N* derselben; sind beide Nadeln gleich stark magnetisch, so dürfen sie durchaus keine polare Richtung annehmen, sondern müssen so stehen bleiben, wie die Drehkraft des Fadens sie stellt.

Fig. 132.

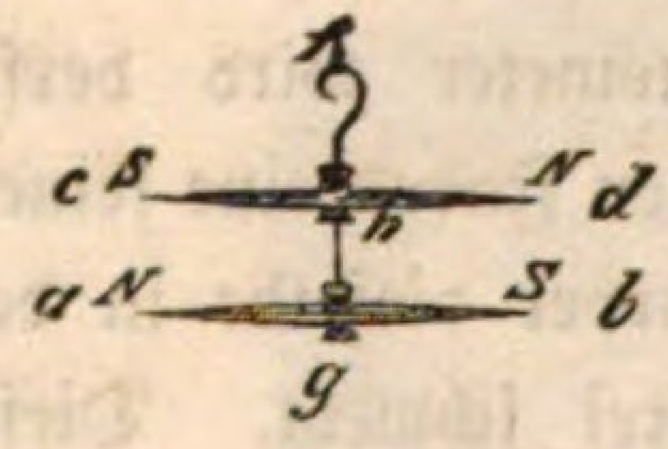
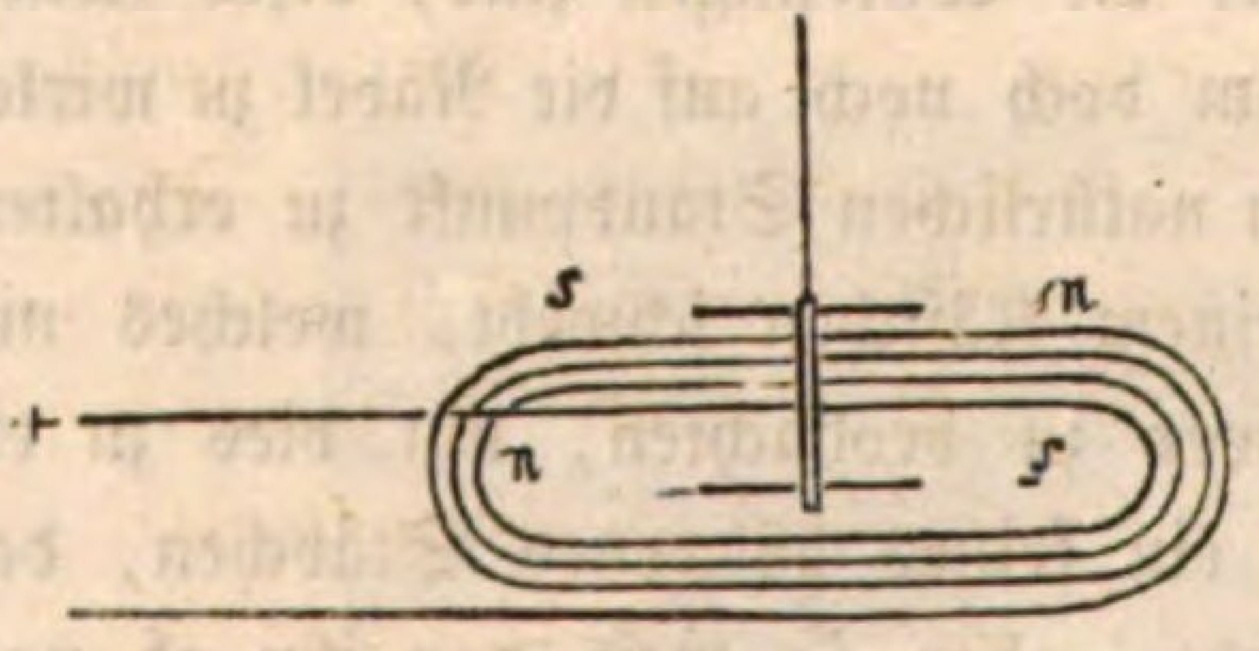


Fig. 133.



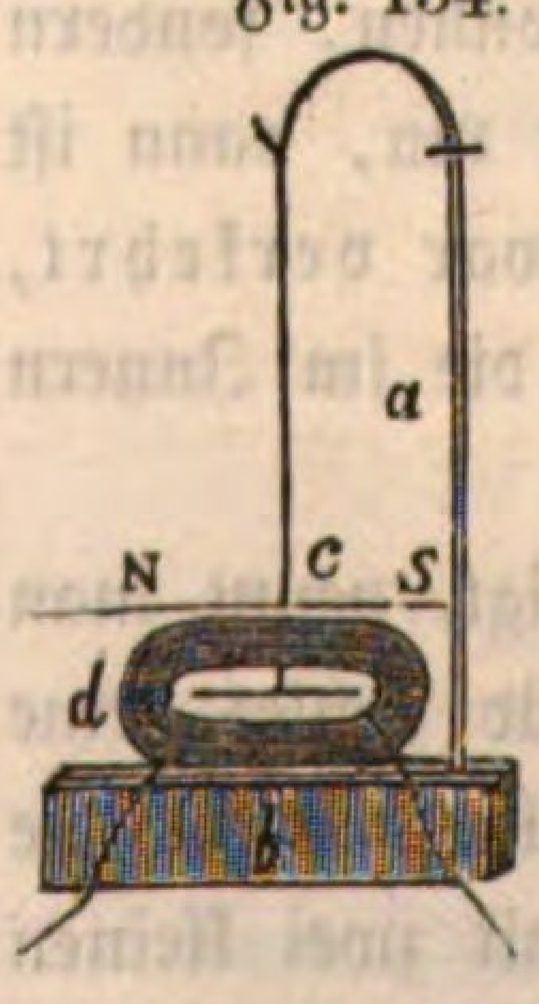
Die Fig. 132 zeigt, wie man die Nadeln gewöhnlich gestaltet; diese doppelte Lanzettform ist jedoch nicht zweckmäßig.

So werden sie in den Multiplicator gebracht, die untere Nadel *NS* in den inneren Raum, die obere *SN* über die oberen Windungen der Fig. 133, und über den wo möglich auf ein dünnes Glasscheibchen geklebten, in Grade getheilten Papierkreis.

Mit solchem Galvanometer ausgestattet kann man die feinsten Untersuchungen machen und die Elektricität finden, welche die Verbindung einer Stecknadel mit einer Nähnadel hervorbringt und bei einiger Geschicklichkeit ist man im Stande, sich solch ein Instrument aus den Brettern einer Cigarrenkiste, einer Uhrfeder und etwas übersponnenem Kupferdraht, für den Preis von 15 Sgr. zu machen.

Der Apparat muß übrigens unter einer Glasglocke stehen, damit die Luft nicht Veranlassung zur Bewegung der hängenden Nadeln giebt, nur die Enden des Drahtes, welcher den Multiplicator bildet, dürfen (und müssen) außerhalb der Glocke sein.

Fig. 134.



Die ganze Zusammenstellung mit Hinweglassung der Glocke, sieht man in Fig. 134, in welcher *b* das Untergestell giebt; zwischen *b* und *c* ist die Spirale zu sehen, über welcher bei *NS* die obere und in welcher bei *d* die untere Nadel schwebt. Von *c* geht aufwärts ein möglichst zarter, ungedrehter Seidenfaden (eine Vereinigung mehrerer parallel liegender Fäden, wie sie vom Cocon kommen, nicht gedreht), welcher das doppelte System von Nadeln an einem Häkchen trägt, das am Ende eines starken, nach oben feiner auslaufenden Drahtes *a* befindlich ist, der in dem Fuß-

brette eingeschraubt ist. Man hat nun noch allerlei Mittel, dieses schöne und durchaus nicht kostbare Instrument recht theuer zu machen, allein das ist etwas ganz Ueberflüssiges, die Brauchbarkeit liegt nicht in der Eleganz, sondern in dem möglichst feinen Kupferdraht, den man oft um die Nadel her geführt hat.

Die Instrumente werden nicht selten mit 3000—4000 Windungen gemacht und haben dann eine so große Empfindlichkeit, daß die indifferente Kupfermasse auf die astatischen Nadeln dergestalt wirkt, daß diese sich mit dem ganzen Instrumente bewegen, d. h. daß sie einmal richtig in der Mitte aufgehängt, wenn man den Multiplicator von Süden nach Norden oder von Osten nach Westen richtet, immer auch die Stellung des Multiplicators annehmen, also von dem Erdmagnetismus ganz unabhängig sind. Man hat übrigens die Zahl der Windungen noch viel weiter getrieben. Dove besitzt einen Multiplicator von Kleiner in Berlin verfertigt, welcher 5500 Windungen hat. H. Schröder besitzt einen solchen mit 10000 Windungen, wie in Poggendorff's Annalen von 1841 (Bd. 54) angeführt ist. Der größte in Gebrauch gekommene Multiplicator war der in Fechner's Besitz befindliche aus 16454 Pariser Fuß Draht in 12076 Windungen, bis Du Bois Reymond sich einen doppelt so oft gewundenen verfertigte, nämlich einen Multiplicator von 24160 Windungen, die zusammen die Länge von 5106 Meter hatten bei einer Dicke des Drahtes von nur 15 Hunderttheilen eines Millimeters, eine andere Strecke hat nur 13 Hunderttheile desselben Maaßes. Da nun 25 Millimeter ungefähr einen Zoll, beiläufig 2 Millimeters, also eine Linie betragen, so heißt obige Angabe, in unsere Sprache übersetzt, etwa ein Zwölftheil bis ein Dreizehntheil einer Linie, was allerdings ein sehr feiner Drath ist.

Dieses Instrument war in früheren Zeiten gänzlich unbekannt, weil eine Kraft, die es in Thätigkeit setzt, der Elektromagnetismus noch unbekannt und unentdeckt war; man bediente sich, um unbekannte Elektricitätsverhältnisse zu untersuchen, der am Anfange dieses Buches beschriebenen Elektrometer, späterhin der Froschschenkel, das Galvanometer ist jedoch bei weitem feiner und sicherer in seinen Angaben und schon darum dem Froschpräparat vorzuziehen, weil man nicht nöthig hat, grausam gegen ein unschädliches Thier zu verfahren und weil es seinen Besitzer niemals im Stiche läßt.

Oersted's zufällige Entdeckung.

Der Entdecker der Einwirkung eines galvanischen Stromes auf die Magnetnadel ist der jetzt verstorbene Professor Oersted in Kopenhagen,

und der Zufall führte ihn dazu, wie Galvani's Frau zur Auffindung der Berührungselektricität. Oersted arbeitete mit einer galvanischen Batterie; es stand in der Nähe eine Magnetnadel, in dem Augenblicke, wo durch einen Draht die beiden Pole verbunden wurden, tanzte die Nadel plötzlich gewaltsam um ihren Stützpunkt, das geschah wiederholt nach jedem Oeffnen und Schließen der galvanischen Batterie und wurde von einem der Zuhörer bemerkt, der es Oersted mittheilte. Dies geschah im Wintersemester des Jahres 1819. Oersted wußte so wenig, was er gesehen, was seine Schüler ihm gezeigt hatten, daß eine Zeit von 8 Monaten darüber verging, bevor er eine Abhandlung, diesen Gegenstand betreffend, am Ende des Sommersemesters 1820 der Akademie in Form eines lateinischen Schulprogrammes übergab.

Man hatte schon lange eine Verbindung der Elektricität mit dem Magnetismus geahnt, gemuthmaßt, gesucht, doch immer nichts als Zufälligkeiten gefunden, welche zwar die Muthmaßungen bestätigten, aber keinen Weg zeigten, um das zufällig Gefundene absichtlich wieder herzustellen.

Wir wollen nur anführen, daß man nicht selten Stangen von Blitzableitern, besonders aber damit verbundene Querstangen, Wetterfahnen, stark magnetisch fand, wenn sie vom Blitz getroffen waren. Dasselbe bemerkte man an eisernen Grabkreuzen, deren Arme viel stärker magnetisch waren als der Stamm.

Mehrere Ereignisse machten die Verbindung oder Verwandtschaft von Elektricität und Magnetismus ganz unzweifelhaft, obwohl sie damals, als sie sich begaben, gar nicht verstanden wurden.

Im Jahre 1675 segelten zwei englische Schiffe mit einander von London nach Barbados. Sie wurden mitten auf ihrer Fahrt in der Nähe der Bermuda-Inseln von einem Gewitter überrascht, davon ein Blitzstrahl das voransegelnde Schiff traf, indessen das zweite unbeschädigt blieb.

Das getroffene Schiff schien dem beobachtenden Capitain des zweiten großen Schaden gelitten zu haben, denn es machte eine vollständige Wendung, um nach England zurückzukehren. Durch Signale und durch das Sprachrohr ward nach dem Grunde der Umkehr gefragt, andererseits die Frage gestellt, wie denn das zweite Schiff nach vorn gekommen sei und sein Bugspriet auf das vorhin voransegelnde Schiff richte, also im Umkehren begriffen sei.

Nach vielen vergeblichen Fragen verständigte man sich endlich; das erste, vom Blitz getroffene Schiff glaubte auf dem richtigen Wege zu sein, den rechten Cours einzuhalten. Die Untersuchung ergab, daß seine drei Compasnadeln verkehrt waren, daß sie mit dem Nordende nach Süden wiesen.

Die Pole waren durch den Blitzschlag völlig umgekehrt worden, die Nadeln waren dabei ungewöhnlich stark magnetisch und man merkte auf der ganzen Reise keine Veränderung an ihnen.

Einige Jahre später befand sich das Schiff „Albemarle" in der Nähe des Vorgebirges der guten Hoffnung, welches man am folgenden Tage zu erreichen hoffte. Ein Unwetter überfiel das Schiff und ein Blitz beschädigte es an Masten und Rahen ziemlich stark. In der Verwirrung, welche dadurch entstand, ward nicht bemerkt, daß das Schiff sich durch das Steuer vollständig wendete, der Oberbootsmann glaubte es in den rechten Cours zu bringen, den er, als er im Tumult das Steuer einen Augenblick verließ, verloren hatte.

In der Nacht machte der Capitain die Bemerkung, daß die bekannten großen Nebelflecke, welche man die Capwolken nennt, nicht südlich, sondern nördlich von ihm stünden, d. h. daß die Magnetnadeln nicht mit ihrer Südhälfte, sondern mit der nördlichen darauf hinwiesen. Eine nähere Untersuchung gab die vollständige Umkehrung der beiden Compasnadeln und die Veränderung einer dritten in der Art, daß sie von Osten nach Westen zeigte.

Etwas ganz Aehnliches ereignete sich im Jahre 1748 mit dem englischen Schiffe „Dover" welches durch Capitain Waddel geführt, am 9. Januar im atlantischen Meere vom Blitze getroffen wurde, vier Compasnadeln waren umgekehrt. Nicht Umkehrung, sondern Vernichtung des Magnetismus ward durch den Blitz hervorgebracht auf den Schiffen „Medusa" und „New-York", welche, auf ihrer Reise gleichfalls vom Blitz getroffen, sich von den Magnetnadeln ganz verlassen sahen, indem dieselben sich wie unmagnetisirender Stahl verhielten.

Arago sagt in seinem größeren Werke über das Gewitter, daß die Umkehrungen der Compasnadeln durch den Blitz wahrscheinlich viel häufiger einträten als man gewöhnlich glaubte, und daß er in dem kurzen Zeitraum von 1808—1809 beinahe Augenzeuge zweier solcher Vorgänge gewesen. Der erste ereignete sich auf einem französischen Schiffe „Baleine", welches er durch den Blitz ziemlich beschädigt auf der Rhede von Malorca ankommen sah, der zweite auf einem genuesischen Schiffe, das an der afrikanischen Küste in der Nähe von Algier scheiterte. Beide Schiffe fuhren mit verkehrt zeigenden Magnetnadeln; der Capitain des ersten Schiffes wußte dies, der andere nicht, und er fuhr in der Meinung, daß seine Nadel richtig zeige und daß er selbst nach Westen fahre, geradezu südlich und lief an der Küste auf den Grund.

In dem zweiten der hier angeführten Fälle ist von einer Magnetnadel die Rede, welche von Osten nach Westen zeigte; der Fall steht aber gar

nicht vereinzelt, im Gegentheil führen die Schiffstagebücher häufig Fälle an, in welchen durch die Einwirkung des Blitzes die Nadeln sich dauernd nach Nordost, nach Nordwest oder Südwest richten. Man hat dieses letztere Alles für unmöglich gehalten, doch gewiß ohne Grund. Gewöhnlich werden die Nadeln wie ein sehr verzogenes Quadrat, wie zwei sehr lang gestreckte Dreiecke, die mit ihren Grundlinien an einander stoßen, gemacht. Bei diesen liegt die magnetische Axe in der großen Diagonale, in der Linie, welche die von einander entferntesten Spitzen verbindet, sie kann jedoch auch eben so gut in der kleineren Diagonale liegen, in derjenigen, welche die beiden anderen Winkel der Raute verbindet. Alsdann versteht es sich von selbst, daß die Nadel von Osten nach Westen zeigt, denn die kleine Diagonale zeigt von Süden nach Norden und die andere durchkreuzt sie rechtwinklig.

Nun vermag man nicht nur durch künstliches Magnetisiren, sondern vorzugsweise durch den elektrischen Strom eine Nadel dergestalt zu magnetisiren, daß wirklich ihre kürzere Axe von Süden nach Norden zeigt, das sind Transversalmagnete. Der Blitz aber giebt einen elektrischen Strom und je nach der Richtung, in welcher er über den Stahlstab streicht, magnetisirt er denselben. Da diese Richtung aber begreiflicher Weise höchst verschieden sein kann, so muß natürlich auch die Richtung der magnetischen Axe verschieden sein und die Nadel kann durch eine solche Magnetisirung, durch Elektricität jede erdenkliche Art von Abweichung von der wahren Richtung, die man von ihr erwartet, haben.

So gut wie der Blitz bereits fertige Magnete umkehrt oder ihren Magnetismus vernichtet, eben so magnetisirt er auch Stahlstücke, welche er auf seinem Wege findet, denn beides ist ja ganz dieselbe Operation. Einen Magnetstahl seines Magnetismus berauben, will weiter nichts sagen als ihn nach der einen Richtung hin gerade so stark magnetisiren als er vorher nach der anderen Richtung magnetisirt war. Ist das beidesmalige Magnetisiren wirklich gleich stark, so wird der entgegengesetzte Effect sich vollkommen zu 0 ausgleichen. Hat man dagegen bei dem zweiten Magnetisiren weniger gethan, so wird der Magnetstab nur geschwächt, hat man aber mehr gethan, so wird seine Polarität umgekehrt.

Das Magnetisiren unmagnetisirten Stahles durch den Blitz wird man eben so gut nachweisen können, wie das Umkehren der Polarität und wirklich ist dies der Fall.

In Wakefield, ein Marktflecken im Distrikte Westriding der Grafschaft York in England (berühmt durch den schönen Roman Goldsmith's „Der Vicar von Wakefield) ereignete sich im Juni des Jahres 1731 ein furchtbares Gewitter, wobei außer mehreren anderen auch das Haus eines Kaufmanns,

der mit sogenannten kurzen Waaren handelte, getroffen wurde. Der Blitz fand auf seinem Wege in der Ecke, welche er beschädigte, eine Kiste mit allerlei Waaren, Messer, Feuerstähle, Scheeren &c. vor, zertrümmerte dieselbe und streute die Waaren umher.

Als die Verwirrung des Schreckes vorüber war und man die zerstreuten Sachen zusammensuchte, fand man viele derselben angeschmolzen, oberflächlich beschädigt, der Politur beraubt, viele auch gar nicht vom Blitze berührt, Alles jedoch, was von Stahl war, hatte eine so starke magnetische Kraft erhalten, daß die Stücke an einander hafteten und man ein Messer an ein anderes, ein drittes und viertes an dieses hängen konnte.

Aehnliches geschah auf dem Schiffe „Dover", von welchem oben gesprochen. Der Capitain Waddel fand, daß die meisten schneidenden Werkzeuge, ferner Feilen und Zangen, welche in der Nähe der verkehrt gewordenen Compasnadeln gelegen, ebenfalls magnetisch waren.

Eine alte Anekdote führte der verstorbene Professor Erman in seinen Vorlesungen an, ohne die Quelle zu nennen. Arago erzählt dieselbe gleichfalls, indem er sagt, er habe einmal, er wisse nicht wo, gelesen, daß in die Werkstatt eines Schuhmachers ein Blitz geschlagen und daß hierdurch alle Werkzeuge so stark magnetisch geworden, daß der arme Schuster sie nicht mehr habe brauchen können, indem er fortwährend damit zu thun gehabt, sie von den Nadeln, Nägeln und Stiften zu befreien, welche sich auf seinem Werktische daran hingen.

Die Angaben sind zum Theile alt und dergleichen pflegt man mitunter als unzuverlässig anzusehen, der neuesten Zeit angehörig aber ist das Folgende:

Im Mai des Jahres 1827 kam das amerikanische Packetboot „New-York" nach Liverpool. Es war zweimal von einem Gewitter überfallen und durch den Blitz beschädigt worden. Scoresby, ein berühmter Seefahrer, untersuchte dasselbe und fand, daß alle Nägel der losgerissenen Planken und Fächer, daß das auf das Verdeck niedergefallene Eisenwerk der Masten, daß die Messer und Gabeln, welche zur Zeit der Entladung in dem Brodtmagazin gewesen, daß endlich alle stählernen Theile der mathematischen Instrumente magnetisch waren.

Die Sachen sind gar nicht gleichgültig. Es haben die Aenderungen, welche der Blitz in den Gegenständen überhaupt, so wie in den magnetischen Apparaten hervorbringt, oft sehr traurige Folgen, die Schiffe werden auf Klippen geworfen, welche vor ihnen liegen, indessen sie meinen, sich mit vollen Segeln von ihnen zu entfernen. Es brauchen aber gar nicht Umkehrungen der Magnetnadeln zu sein, welche dies bewerkstelligen, es genügt,

daß in Stahl- und Eisenmassen, welche auf jedem Schiffe in großer Menge zu finden sind, ein vorübergehender oder bleibender Magnetismus erzeugt wird, der auf die Magnetnadeln einen ungekannten und ungeahnten Einfluß übt, und auch, ohne daß die Nadeln vom Blitze getroffen sind, dieselben durch mehr oder minder starke Anziehungspunkte aus derjenigen Richtung ablenkt, welche der Seemann ihnen zuzuschreiben Grund hat. Es ist dieses um so übler, als der Seemann auf dem Schiffe gar kein Mittel besitzt, den Fehler zu berichtigen, da er ihn nicht kennen lernt.

Allein es sind nicht bloß diese beiden Arten von Magnetisirung (an den Magnetnadeln und an den Eisenmassen), welche solche Gefahr herbeiführen, es finden noch andere viel tiefer versteckte und darum noch viel gefährlichere statt. Magnetisirt z. B. ein Blitzschlag einzelne Theile der Seeuhren, vorzüglich die Theile der Unruhe, an denen die Compensationen für Temperaturveränderungen angebracht sind, welche jederzeit zur Hälfte aus Stahl bestehen, so finden sofort Störungen des Ganges statt, denn die Chronometer, höchst empfindliche Werkzeuge, werden ja nicht mehr allein von der Kraft der Feder in Bewegung gesetzt, wie bei ihrer Regulirung angenommen wird, sondern es tritt eine neue Kraft, die des Erdmagnetismus hinzu, welche verzögernd oder beschleunigend auf den Gang des Instrumentes wirkt.

Nun kann allerdings dieses nur äußerst wenig betragen, vielleicht kaum den fünfzigtausendsten Theil einer Secunde; wer vermag das zu beobachten? Die Uhr selbst, denn da sie vielleicht 300,000 Schwingungen in einem Tage macht, so summiren sich diese $1/_{50000}$ einer Secunde zu sechs ganzen Secunden im Laufe von 24 Stunden, und da dieses sich täglich wiederholt, so geht in zehn Tagen ein Chronometer schon um eine Minute falsch, d. h. anders als er nach der Rechnung des Besitzers gehen sollte und das ist sehr gefährlich, denn es versetzt den Seefahrer zwischen den Tropen auf einen — vier Meilen von dem durch Rechnung gefundenen Fleck — entfernten Punkt, d. h. der Steuermann glaubt, der Felsen, die Klippe, welche in seinem Course liegt und vermieden werden muß, befinde sich noch vier Meilen vor dem Bug seines Schiffes, indeß er bereits im Begriff ist, darauf festzufahren. Solche Fehler steigen aber auf viel mehr als die angegebene Größe; die Chronometer des Packetbootes „New-York" waren durch jenen Blitz magnetisirt worden, sie zeigten bei ihrer Ankunft in Liverpool beinahe 34 Minuten mehr als sie zeigen sollten, sie waren um so viel vorausgeeilt, was, da die Fahrt nach dem beschädigenden Unwetter nur noch 7 Tage gedauert hat, beweist, daß die Uhr täglich nicht 6 Secunden, sondern 6 Minuten, d. h. das Dreißigfache des angegebenen Fehlers gemacht

hat, wodurch die Vermuthung, auf welcher Stelle das Schiff sich in jedem Augenblick befinde, nach und nach um volle 8 Grade falsch war.

Die Entdeckung solcher Fehler, durch Magnetisirung entstanden, ist noch sehr neu, man hat früher keine Ahnung davon gehabt und es mag in Folge dessen manches Schiff untergegangen sein, da die empfindliche Stelle einer Seeuhr gerade die Ausgleichung für die Wärme ist und diese es auch wieder vorzugsweise ist, auf welche der elektrische Strom magnetisirend wirkt. Es wäre wohl der Mühe werth, sich nach einem Stellvertreter des Stahles umzusehen. Der Unterschied zwischen diesem und dem Messing wäre wohl durch eine andere Combination zu ersetzen. Messing dehnt sich bei einer Erwärmung von 1 bis 100 Grad um $1/_{500}$ seiner Länge aus, Stahl um $1/_{800}$. Wenn man nun statt dessen Messing und Gold oder Messing und Silber nähme, so würde sich das Verhältniß noch günstiger gestalten, denn die beiden edlen Metalle dehnen sich nur um $1/_{1000}$ und weniger aus. Auf den Preis könnte es dabei gar nicht ankommen, denn es handelt sich immer nur um $1/_{100}$ Loth, um ein paar Gran und diese auch von reinstem Golde haben keinen Einfluß auf den Preis eines Instrumentes, welches ohnedies einige hundert Thaler kostet.

Was hier die Natur dem Menschen vorgezeichnet hat, was seit Jahrtausenden unzählige Male geschehen sein mag und was seit Jahrhunderten vor den Augen beobachtender und die Beobachtungen registrirender Männer geschah, das mußte wie ein fremder Welttheil erst durch einen Zufall gefunden (nicht erfunden) werden und dieses geschah im Jahre 1819 unserer Zeitrechnung, indeß so viele tausend Jahre vor unserer Zeitrechnung, als Jahre nach derselben verflossen sind, die Kraft vorhanden war, die Thatsache feststand und nur Desjenigen wartete, der sie auffaßte, und als endlich nach so vielen tausendmal tausend Jahren dieser kam, Oersted, da verstand er nicht einmal, was er gefunden hatte und ließ den Schatz noch ungehoben eine Zeit lang liegen und doch schreibt sich von dieser Entdeckung und von dem Verständniß derselben eine völlige Umwandlung der Chemie und Physik her, welche jetzt von der vor dem Jahre 1820 bekannten so verschieden ist, wie die damalige es war von der Physik der Peripatetiker und der aristotelischen Schule zur Zeit des Galilei.

Magnetismus des Leitungsdrahtes.

Man nennt den erstgedachten Versuch (S. 422 zu Fig. 177) den Fundamentalversuch und er ist in der That das Fundament, auf welches

gestützt man das ganze jetzige Lehrgebäude aufgeführt hat. Das zuletzt beschriebene Instrument nähert sich schon einem Meßinstrumente, indem man damit nicht allein vorhandene elektrische Ströme entdecken, sondern auch ihre Richtung finden und vergleichungsweise durch die Grade der Ablenkung der Magnetnadel die Stärke derselben bestimmen kann.

Aus dem Fudamentalversuch lernen wir, daß jeder Leitungsdraht, durch welchen ein elektrischer Strom geht, für die Dauer dieses Stromes ein Magnet wird und zwar ein solcher, den man Transversalmagnet nennt, d. h. ein solcher, der, wenn wir uns eine Degenklinge magnetisirt denken, seine Pole nicht an der Spitze und dem Heft hat, sondern längs der Schneide und dem Rücken, so daß z. B. die ganze Schneide von einem Ende bis zum andern nordpolar, der ganze Rücken südpolar ist, eine solche Degenklinge in flacher Lage in ihrer Mitte aufgehängt, sich also nicht von Norden nach Süden, sondern von Osten nach Westen richtet und daß endlich das Nordende einer Nadel, wenn man die Degenklinge an ihr vorbei führt, von der Schneide derselben, vom Anfang bis zu Ende abgestoßen, von dem Rücken eben dieser Klinge aber angezogen würde (oder umgekehrt, je nach der Art der Magnetisirung).

Hält man solch einen Degen (d. h. einen Transversalmagnet) über eine Magnetnadel parallel mit derselben und nähert man sich dieser Nadel, bis man eine Wirkung des Degens auf dieselbe wahrnimmt, so wird man sehen, daß die Nadel nicht parallel mit dem Degen bleibt, sondern sich immer mehr querüber stellt, bis sie darauf rechtwinklig steht.

Nähert man sich der Nadel mit solchem Transversalmagnet von der Seite, so wird das eine Ende der Nadel gehoben, das andere niedergedrückt, gerade wie bei dem elektrischen Leitungsdraht, woraus wir eben erfahren, was in dem Drahte vorgeht, daß er nämlich durch den elektrischen Strom für die Dauer desselben transversal magnetisch wird, wiewohl mit der Modification, daß sein Magnetismus querüber nach jeder Richtung seiner Dicke stattfindet.

Wenn der Draht, durch welchen ein elektrischer Strom geht, ein Magnet ist, so wird er auch Eisen magnetisiren; legt man ein fingerlanges Stückchen Eisendraht auf den Tisch und führt man den Kupferdraht, welcher die beiden Platten eines starken Elements verbindet, so über den Draht hinweg, daß derselbe dadurch gekreuzt wird, so wird man dieses Stück Eisen wirklich magnetisirt finden, so lange der Strom dauert; hört der Strom auf, so ist das Eisen wieder unmagnetisch.

Stahl behält den ihm einmal ertheilten Magnetismus; nimmt man daher statt eines Eisendrahtes ein Stück Stahldraht, so bleibt dieses, nach-

dem der elektrische Strom einmal darüber hinweggegangen ist, noch magnetisch und man kann an dem Stahlstück prüfen, wie der elektrische Strom gegangen ist, denn hat die von dem Strom aus rechts liegende Seite des Stahles den Nordmagnetismus, so ist der Strom auf die oben angegebene Weise gegangen.

Ein solches Stück Eisen oder Stahl kann für die Dauer des Stromes oder permanent ungemein stark magnetisirt werden, wenn man übersponnenen Draht vielfältig darum wickelt. Je öfter das geschieht, desto stärker wird unter sonst gleichen Verhältnissen der Magnetismus sein.

Das Weitere hierüber werden wir beim Elektromagnetismus entwickeln.

So wie die Elektricität hier Magnetismus erregt, so auch Wärme, Licht und wieder Elektricität.

Der Schließungsdraht eines Plattenpaares wird warm, wenn er nicht von einer zu bedeutenden Länge ist, er wird heiß, er wird glühend, er schmilzt und verbrennt, wenn die Länge im Verhältniß zu der Stärke des Plattenpaares gering ist.

Ein Grove'sches Element von 25 Quadratzoll Oberfläche des Platinbleches macht einen feinen Kupferdraht von 2 Zoll Länge zum Sengen heiß, ein eben so langes Stück Platindraht glühend und schmilzt ein eben so langes Stück gleich starken Eisendrahtes.

Wendet man eine Batterie von 6 Grove'schen Elementen von der gedachten Größe an, so kann man ein Stück Klavierdraht von 15—20 Zoll Länge und $^1/_{100}$ Zoll Durchmesser zu lauter weißglühenden Perlchen zerfließen sehen.

Es hat diese Erscheinung eine nicht geringe Wichtigkeit, man kann auf solche Weise Minen unter Wasser, unter dem Eise, tief im Felsen entzünden, ohne die mindeste Gefahr für die Arbeiter und mit einer Pünktlichkeit, welche sich bis auf die Secunde angeben läßt, was für Krieg und Frieden von gleicher Bedeutung ist.

Leitungsdraht. Minensprengung.

Man umwickelt ziemlich starke, wohl ausgeglühte Kupferdrähte, (1 Linie dick) mit in Oel getränktem Werg, läßt ihn trocknen, dann durch Steinkohlentheer ziehen, nochmals trocknen und endlich in Leder einnähen, welches gleichfalls gut mit Fett, besonders an der Naht gestrichen ist. Die äußersten Enden dieser Drähte sind frei. Jetzt bedient man sich statt einer solchen gegen Nässe schützenden Umhüllung der mit Schwefel zusammengeschmolzenen Guttapercha, da dieses jedoch nicht überall käuflich ist, so ist die oben beschriebene Vorrichtung angegeben.

In die Pulvermasse, welche entzündet werden soll, bringt man eine Patrone, die um einen Kork gewickelt ist, durch welchen zwei Enden Kupferdraht gehen, die etwa ½ Zoll von einander abstehen und durch ein feines Drähtchen von Platina verbunden sind. Die langen Enden des Drahtes reichen aus der Pulvermasse (Sack, Tonne) heraus, die kurzen mit dem Platina stecken in der Patrone, sind mit Mehlpulver umgeben und befinden sich mitten in der ganzen Pulvermasse.

Fig. 135.



Die nebenstehende Fig. 135 zeigt eine solche Anordnung durchsichtig gezeichnet, als ob der mittelste Cylinder von Glas wäre. Oben und unten sieht man zwei gleich große Plättchen von einem starken Korkstöpsel abgeschnitten. Die oberste derselben ist durchbohrt und ein stark besponnener Kupferdraht ist doppelt genommen, zusammengedreht, wie man zwei Bindfaden zu einer Schnur vereinigt. Die Enden sind beiderseits von der zusammengedrehten Stelle auseinander gebogen. Diejenigen, welche in die Patrone kommen, haben die in der Zeichnung angegebene Gabelform und zwischen die Spitzen der Gabel wird das feine Platindrähtchen gelöthet. Die andern Enden laufen parallel neben einander. An beide Korkplatten wird ein Streifen Papier oder Pappe geklebt, so daß daraus der Cylinder entsteht, den die Fig. 135 zeigt und in welchen das Pulver kommen soll.

Fig. 136.



Die beiden andern Enden, welche oben aus dem Kork heraussehen, laufen parallel neben einander und sind bestimmt, um mit dem Leitungsdrahte verlöthet zu werden.

Hat man eine Sprengung in Felsenboden vor, so wird das Loch wie gewöhnlich gebohrt, da man aber keines Zündloches bedarf, durch welches doch eine nicht unbeträchtliche Menge der glühenden Gasarten entweicht (und zwar um so mehr als die Zündung von oben her, von vorn geschieht), so darf man dasselbe beträchtlich tiefer machen als man bei gleicher Ladung sonst thun würde. Die Zeichnung Fig. 136 giebt einen Durchschnitt solcher Veranstaltung. Die äußere Umgebung des Bohrcylinders stellt das lagernde Gestein dar. Der unterste Raum der Bohrung ist mit Pulver gefüllt, nachdem die Hälfte der Ladung eingebracht worden, senkt man die vorhin beschriebene Zündpatrone

hinein, welche an dem zusammengedrehten Draht hängt, der jedoch durchaus gut übersponnen, d. h. so isolirt sein muß, daß der galvanische Strom nirgend aus einer Windung in die andere übergehen kann, sondern dem Drahte ganz folgen und durch das Stückchen Platindraht gehen muß.

Dieser Draht, welcher mit seiner Gabel in locker geschüttetem Mehlpulver steht, soll durch den galvanischen Strom glühend werden und das Pulver entzünden. Könnte der elektrische Strom früher als gerade hier aus einem Draht in den anderen übergehen, so würde natürlich die Erglühung und Zündung nicht stattfinden, deshalb hier nochmals auf diesen Umstand aufmerksam gemacht wird.

Nachdem die Patrone an ihren Ort gebracht worden, schüttet man das übrige Sprengpulver zu, setzt einen hölzernen Spiegel, der das Loch ziemlich ausfüllt, darauf und schüttet nun die ganze Röhre mit lockerem trocknen Sande zu, in dessen Mitte der gewundene Draht aufwärts bis zu dem Bohrloch geht. Es ist selbstverständlich, daß die Verhältnisse des Bohrloches in der Zeichnung nicht richtig gegeben sind, hätte dies geschehen sollen, so würde dieselbe die Länge einer solchen Seite weit überragen, denn bei 1 Zoll Weite kann das Bohrloch mehrere Fuß tief gemacht werden.

Das Besetzen mit Sand genügt aber vollkommen, denn da der trockne Sand gar keinen Zusammenhang hat, so wird er nicht wie ein Stöpsel aus dem Rohr geworfen, sondern der Druck, welcher bei der Sprengung von unten her stattfindet, drückt jedes Körnchen in den nächsten Zwischenraum zwischen zwei oder drei andere Körnchen und hieraus entsteht ein so gewaltsames Spreizen gegen die Wände der Röhre, daß nicht selten in derselben nach der Sprengung und, obwohl sie selbst der Länge nach gespalten ist, der zusammengekeilte Sand festsitzt und kaum mit dem Meißel davon getrennt werden kann.

Die bis zu einer gewissen Höhe über dem Bohrloch gehende Drahtwindung trennt sich hier in ihre zwei natürliche Hälften, deren jede einzelne nun parallel der andern, aber sowohl an sich selbst gut isolirt als auch vor metallischer Berührung mit der andern geschützt, bis zu dem Orte läuft, an welchem der galvanische Apparat steht.

Wenn in einem Minengange, welcher von der Festung aus tausende von Fußen unter allen Werken hindurch nach dem äußersten Ende des Glacis gestreckt ist, die Drahtleitungen auf Brettern liegend sich befinden, so dürfen sie natürlich nicht so ängstlich gegen Feuchtigkeit geschützt sein, man kann sie ganz unbekleidet lassen. Ihre Enden werden mit den aus der Tonne ragenden Drahtenden verbunden und der Apparat ist jetzt zum Zünden

fertig. Der Mineur kehrt zurück und wartet die Zeit ab, in welcher gezündet werden soll; wenn in acht Tagen oder 8 Stunden der Feind zum Sturm heranrückt, oder wenn er über der Mine eine Brechebatterie angelegt hat und sie vollzählig montirt und bemannt ist, dann wird innerhalb der Festung eine galvanische Batterie in Thätigkeit gesetzt, das eine Ende des Drahtes an dem einen Pol befestigt und in dem Augenblick, wo das andere Drahtende den zweiten Pol der Batterie berührt, glüht der Platindraht in dem Mehlpulver, dieses entzündet sich und die Mine sammt der darauf stehenden Batterie oder der Sturmcolonne fliegt in die Luft.

Eisstopfungen bringen in wasserreichen Strömen, wie Weichsel, Elbe, Rhein, oft große Gefahr für die Uferbewohner mit sich; das Eis hinwegzuräumen, bis die Stopfung nachläßt, ist für die Arbeiter in jedem Augenblicke todbrohend, das Beschießen der Eismasse mit Paßkugeln vom Ufer aus ist ganz thöricht, das Sprengen durch Pulver ist das einzige Mittel. Quer über den Fluß haut man 15—20 kleine Löcher, gerade groß genug, um einen Kanonenschlag, 4 bis 8 Pfund Pulver hinabzulassen. Jede Pulvertonne mit einer Zündpatrone ist so eingerichtet, wie oben beschrieben. Die erste Tonne ist einerseits durch einen Draht mit dem Ufer verbunden, andererseits mit dem ersten Draht der zweiten Tonne, der zweite Draht dieser Tonne mit dem ersten der dritten Tonne u. s. w., der zweite Draht der letzten Tonne endlich ist mit einem sehr langen Draht versehen, welcher von ihr zurück bei allen den andern Kanonenschlägen vorbei zu dem Ufer führt, wo der Experimentator mit dem ersten Draht der ersten Tonne steht, welcher an der Batterie angeschraubt ist. So wie die Minen springen sollen, berührt er mit dem Drahte, welcher über den Fluß geführt worden ist, den zweiten Pol der Batterie, augenblicklich werden alle Minen entzündet und die Eisschollen werden hunderte von Fußen in die Luft geschleudert, es ist freie Bahn da, das Eis rückt nach, die Stopfung und mit ihr die Stauung des Wassers ist bewältigt.

Sind der Zündungsstellen viele, 10 bis 20, so muß man zuerst versuchen, welche Stärke die Batterie haben muß, um sie alle zum Glühen zu bringen; auch ist es nöthig, daß man bei der Probe den Draht in seiner ganzen Länge einschalte, denn die Länge desselben ist ein wichtiger Punkt wegen des Leitungswiderstandes, den derselbe bietet. Der Verfasser hat übrigens mit der kleineren seiner Plattenbatterien, von 6 Grove'schen Elementen zu 12 Quadratzoll Platinblech, einen Streifen Platina von ¼ Zoll Breite und 8 Zoll Länge von einem Ende bis zum andern glühend gemacht. Dieser Effect ist sehr bedeutend und eine Batterie von solcher Stärke würde den Leitungswiderstand von ¼ Meile Kupferdraht mit einer

Zündstelle wohl überwinden, vielleicht würde für jede weitere Zündstelle noch ein Plattenpaar mehr nöthig sein. Directe Versuche hierüber sind dem Verfasser noch nicht bekannt geworden, jedenfalls ist eine zu starke Batterie besser als eine zu schwache.

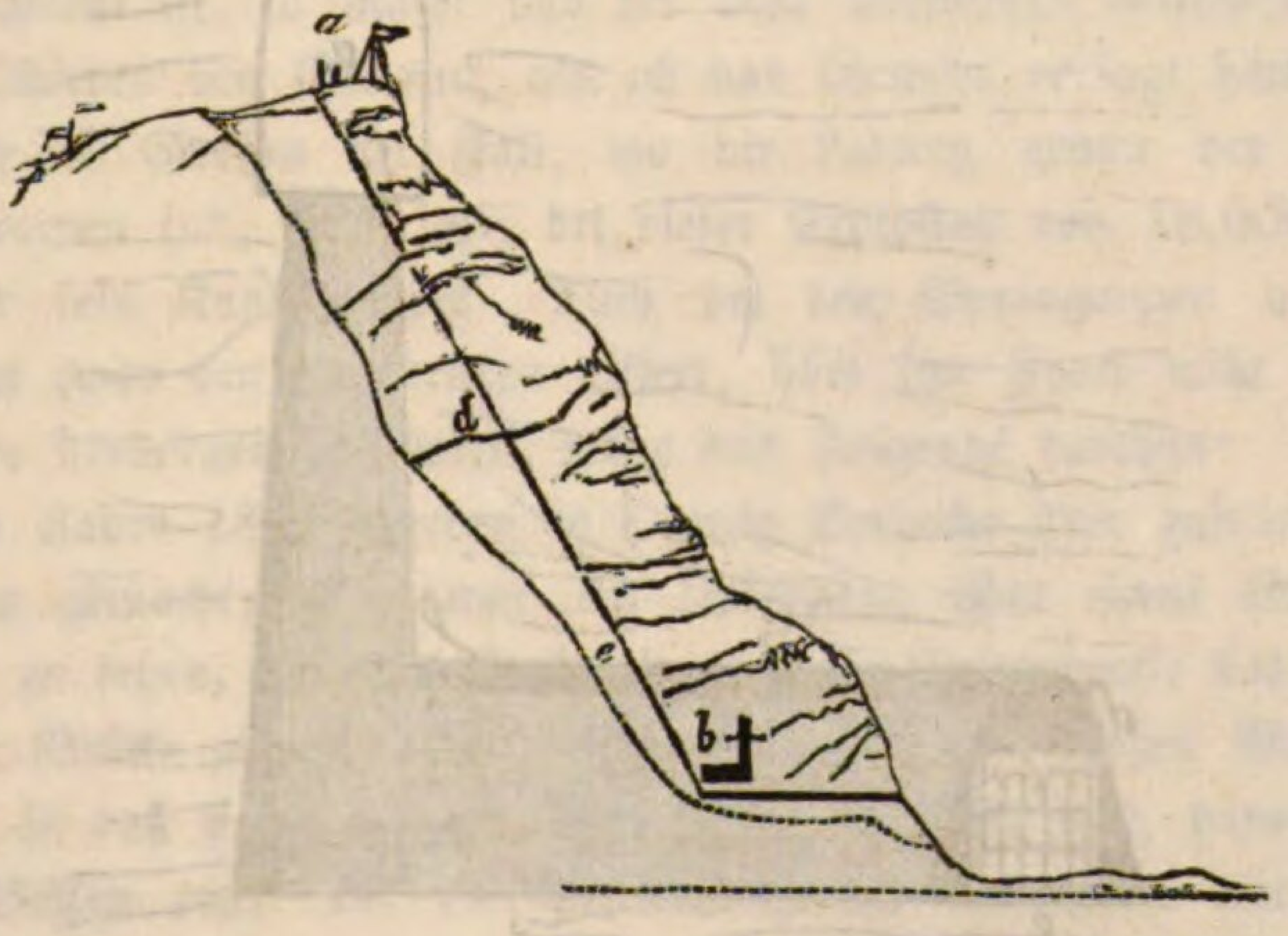
Sprengung bei Dover.

Eine der interessantesten Unternehmungen dieser Art und zugleich die großartigste, welche bisher ausgeführt worden, war diejenige, welche der Ingenieur Cubitt in England leitete.

Man wollte im Jahre 1842 eine Eisenbahn von London nach Dover führen: derselben war die durch Shakespeare berühmt gewordene Klippe — auf welcher Glocester zu stehen und den Todessprung zu thun wähnte — im Wege; um Raum und festen Boden zu gewinnen, mußte sie beseitigt werden.

Fig. 137 giebt den äußeren Umriß derselben; in der untersten punktirten Linie das Niveau des Meeres, in dem mit derselben parallel laufenden dicken Strich diejenige Höhe des Felsens, welche stehen bleiben sollte, um darauf die Eisenbahn zu gründen und in der mitten durch die Zeichnung schräg aufwärts laufenden punktirten Linie *ba* die innere Grenze, bis zu welcher der Felsen weggeschafft werden mußte.

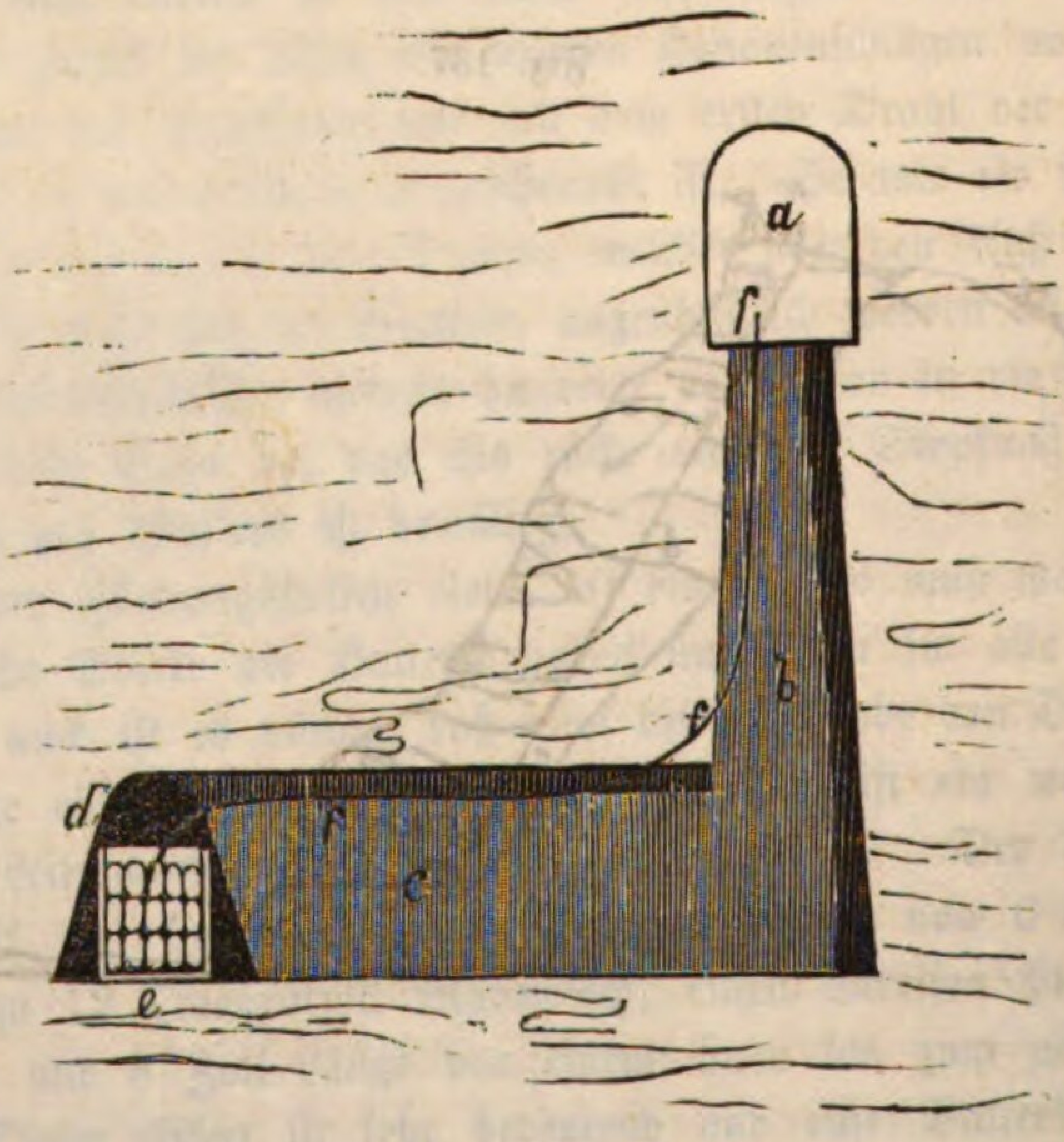
Fig. 137.



Cubitt ließ nun auf der Höhe der Bahnsohle einen 70 Fuß tiefen Stollen in den Felsen treiben und legte am Ende desselben eine Pulverkammer an, welche mit *b* bezeichnet ist. Fig. 138 zeigt dieselbe in einem etwas größeren Maßstabe. *dcb* ist der mit Pulver gefüllte Raum, bei *e* sieht man die Schichtung der Pulvertonnen. Der leer gebliebene Raum *a* ist derjenige, von welchem die senkrecht aufsteigende Röhre *b* mit Fässern gefüllt wurde. *c* dagegen wurde von der hinteren Oeffnung her geladen. *ff* ist ein Stück des Leitungsdrahtes, der seine Zündstellen sowohl an dem einen als an dem andern Ende der Kammer hatte, damit die Wirkung der Zündung von Außen nach Innen gehen konnte, wodurch die Kraft des Pulvers bedeutend erhöht wird, indem alle Theile der sich entzündenden und glühenden Gase in die höchste Spannung kommen.

Ganz ähnliche Pulverkammern wurden auf der Linie *ba* noch an den Punkten *e* und *d* angebracht, alle drei aber unter einander durch Drahtleitungen von Kupfer in ununterbrochene metallische Verbindung gesetzt. Die Pulvermasse betrug im Ganzen 18,000 Pfund und sie wurde am 26. Januar 1843 aus einer Entfernung von 1000 Fuß hinter der abzusprengenden Stelle entzündet. Es war dazu ein Häuschen *f* auf der Höhe

Fig. 138.



des Felsens gebaut, in welchem sich eine Daniell'sche Batterie von 18 Plattenpaaren und 2 gewöhnliche Batterien von je 20 befanden, die man in vereinter Thätigkeit wirken ließ, nachdem man sich überzeugt hatte, daß die Zündung des Pulvers auch noch auf eine mehr als dreifache Entfernung stattfinden würde.

Die Wirkung war wunderbar und jeder Berechnung widersprechend, man glaubte einen Vulkan geschaffen zu haben und siehe, es war kaum die leiseste Erderschütterung zu bemerken; ein weißer Rauch von Staubwolken erhob sich und als man diese sich verziehen sah und in der Meinung, das ganze Experiment sei mißglückt, dahin eilte, fand man den Felsen bis auf die innerste punktirte Linie (also viel mehr als man verlangt hatte) verschwunden, wie auf einer schiefen Fläche war die Gesteinmasse herab und in das Meer gerückt. 300,000 Kubikyards oder etwa 9 Millionen Kubikfuß im Gewichte von 18 Millionen Centnern waren zerbröckelt und verschwunden. Die Wirkung des Pulvers war wegen der starken Belastung auch nach unten gegangen, es war das Gestein, auf welchem die Pulverkammern ruhten, fast eben so tief unterhalb zerbröckelt als über der Sprengungslinie.

Bemerkenswerth ist hierbei, daß, wenn die Pulvermasse gerade dem verlangten Effect entspricht, kein Geräusch stattfindet. Bemerkt wurde dies vielleicht zuerst bei den Gewehren, bei denen die Kugel lediglich durch die explodirende Masse des Zündhütchens fortgeschleudert wird; sie geben einen nicht unbedeutenden Knall, wenn man sie ohne Kugel abschießt, so wie jedoch diese vorgesetzt ist, so macht das bei dem Abschießen entstehende Geräusch ganz entschieden den Eindruck, als ob das Gewehr versagt hätte. Dies ist nun auch im Großen der Fall, wo die Ladung genau der Masse, die bewegt werden soll, entspricht; bei dieser Explosion von 18,000 Pfd. Pulver ward kein Knall gehört. Auch bei den Sprengungen unter Wasser sieht man zwar den ungeheuren Effect, hört ihn jedoch nicht. Und welch ein Effect hervorgebracht wird, möge das Folgende darthun:

Im Jahre 1844 wurden in Danzig Versuche über galvanische Minensprengung gemacht, dabei war ein Uebergang über einen Graben fingirt und um zu sehen, wie viel Kraft eine gewisse Pulvermasse habe, ward eine förmliche Brücke gebaut. Man schob eine Menge großer Balken in den Graben, so daß die ganze Breite desselben überdeckt war, darauf legte man andere Balken quer über die Erstreckungslinie der ersten und zwar einen dicht neben den andern. Dies war die Brücke, auf welcher die Sturmcolonne anrücken sollten.

Die Colonne selbst war durch 800 Sandsäcke repräsentirt, welche man auf die Brücke brachte. Unter derselben lag am Grunde des Grabens eine Tonne mit 80 Pfund Pulver seit wenigstens einem halben Jahre (um zu prüfen ob ein völliges Schützen gegen Feuchtigkeit wohl möglich). Die Leitungen waren gleichfalls so lange im Wasser gewesen, Umhüllung des Drahtes mit vulcanisirtem Kautschuk und darauf ruhendem Ueberzug von Blei kannte man damals noch nicht.

Als nun das Signal zur Zündung gegeben wurde, sah der Verfasser, welcher sich bei den Leitern der Experimente in der Poterne befand, in welcher die Batterie stand, nicht nur die Sprengung vor sich gehen und zwar völlig geräuschlos, d. h. ohne Detonation (das Niederfallen der Balken machte natürlich viel Lärm), sondern er sah auch eine Garbe von Balken in die Luft fliegen zu einer Höhe, daß die 40 Fuß langen und 1½ Fuß dicken Balken wie Strohhalme aussahen. Welche Höhe dieselben erreichten, möge man aus Folgendem ermessen.

Der Zufall wollte, daß einer der größten Balken in einer senkrechten Stellung herniederfiel, als ob er mit dem Loth dazu gerichtet worden wäre. Er traf auf einen Balken, der vor ihm das Wasser erreicht hatte und flach auf demselben lag. Durch den furchtbaren Stoß brach der liegende Balken trotz der Unterstützung, welche ihm das Wasser gab und welche für einen *raschen* Schlag sehr widerstandleistend ist (wie Jeder mit Schmerzen erfahren wird, der mit der flachen Hand tüchtig auf eine Wasserfläche schlägt), in drei Stücke, das mittelste der Breite des fallenden Balkens entsprechend; der senkrecht fallende Balken schien eine sehr sonderbare Veränderung erlitten zu haben, er war beinahe noch einmal so dick geworden. Als man ihn herausholte, ergab sich, daß er in lauter Fasern aufgelöst war. Durch den gewaltigen Stoß, durch den Stillstand, in welchen das vordere Ende kam, während der ganze übrige Balken noch in der Bewegung der Falles war, hatte er sich in tausende von Fäden und Splitter zerspalten, so daß er nur noch scheinbar in einander hing und einen Balken repräsentirte, in der That war er es so wenig wie ein Bündel trockner Hanfstengel.

Diese Versuche können mit dem vollkommensten Erfolg gemacht werden, auch wenn man nur *eine* Leitung von Draht nimmt (z. B. diejenige, welche von Pulverfaß zu Pulverfaß bei einer Eissprengung führt), als zweite Leitung hingegen den Erdboden braucht. Von dem Ersatz des Leitungsvermögens haben wir bereits gesprochen; ist der Leiter hundertmal schlechter, so nimmt man ihn hundertmal dicker als den andern besseren. Die Art, wie dies bewerkstelligt wird (um einen Leiter zu ersparen) ist, daß man eine möglichst große Kupfer- oder Zinkplatte mit dem Drahte verlöthet, in einen

Brunnen, einen Bach versenkt und ganz dasselbe an derjenigen Stelle wiederholt, wo die Erdleitung aufhören soll. Wir haben zwischen Wien und Paris einen Telegraphen, ein Draht geht über der Erde auf Stangen isolirt, oder unter der Erde durch Guttapercha isolirt von Paris nach Wien. Er ist daselbst in der nöthigen leitenden Verbindung mit den Telegraphenbatterien u. s. f. und geht dann aus diesen heraus, um als zweiter Draht gleichfalls von Wien nach Paris zu gehen; statt aber diese 150 Meilen zu machen, macht er nur 10 Fuß bis zu einer in dem Keller eingegrabenen Kupferplatte oder 50 Fuß bis zu einer in den Brunnen versenkten. Dasselbe geschieht am Endorte des Weges und man hat viele tausende von Thalern gespart und doch eine eben so gute Leitung als früher. Jacoby in Petersburg behauptet sogar, daß die meisten Erscheinungen der Glühung und Verbrennung besser gelingen, als wenn man zwei Drahtleitungen hat.

Einige sehr interessante Versuche über die Leitungsfähigkeit lassen sich sehr leicht anstellen. Man mache sich eine Kette von 12 bis 15 Gliedern abwechselnd von Eisen- und Kupferdraht von ganz gleicher Stärke und brauche diese Kette zur Verbindung der beiden Pole der Batterie, so wird man die eine Hälfte der Glieder leuchten, roth-, ja weißglühend werden sehen, während dies mit der andern Hälfte durchaus nicht der Fall ist.

Man befestige ein Stück Coaks an einem Kupferdraht und tauche dasselbe in ein Gefäß mit Wasser. Der Kupferdraht werde mit dem einen Pole der Säule verbunden, der andere Poldraht werde nun gleichfalls in das Wasser getaucht und der Kohle genähert. Sobald die Berührung stattfindet, sieht man die Berührungsstelle in lebhaftem elektrischen Lichte leuchten. Die Elektricität zeigt sich nur da leuchtend, wo sie Hindernisse auf ihrem Wege findet. Wäre das Wasser ein guter Leiter, so würde sie innerhalb desselben nicht leuchten. In einer concentrirten Säure geschieht es auch nicht. Wie schlecht übrigens das Wasser im Vergleich zu den Metallen leitet, kann man daran sehen, daß selbst eine Länge von 50 Fuß des Leitungsdrahtes, welcher bei diesem Versuch ins Wasser taucht, noch nicht genügend ist, eine Ausgleichung herbei zu führen, wie man glauben möchte, da durch solch eine Länge die Zahl der Berührungspunkte außerordentlich vermehrt wird, freilich noch lange nicht in dem Grade, wie eben das Wasser schlechter leitet als Metall.

Nicht minder interessant für die Lehre von der Wärmeentwickelung durch Elektricität ist folgender Versuch: Man beobachte, welche Länge Eisendraht die Batterie, in deren Besitz man sich befindet, noch glühend macht. Dieses Stück krümmt man alsdann \/ förmig zusammen und taucht die Spitze des \/ in ein sehr kleines gläsernes Näpfchen, worin ein wenig

Wasser ist (oder man macht die Krümmung flach statt spitz und legt sie in ein Uhrglas, worin Wasser befindlich).

In wenigen Secunden wird der Draht zu beiden Seiten des Wassers bis ganz nahe an demselben glühend sein, im Wasser natürlich nicht, allein dafür wird das Wasser warm, heiß, und in Zeit von einer Minute kocht es auf das heftigste.

Alle Wärmeerscheinungen in der Natur, wenn sie bis zu dem nöthigen Grade gesteigert werden, sind mit Lichterscheinungen verbunden. So auch hier, wo wir zur Erhitzung das Erglühen, das Weißglühen, das mit lebhafter Lichterscheinung verbundene Verbrennen wahrnehmen.

Die einfachste Art, eine elektrische Lichterscheinung hervorzubringen, ist, daß man die zwischen den Polen einer Batterie metallischleitende Verbindung plötzlich unterbricht, den Schließungsdraht öffnet.

Schon bei einem einzelnen, mäßig großen Plattenpaar (6—8 Quadratzoll) sieht man sehr deutlich bei dem Oeffnen der Kette einen kleinen Funken — nicht beim Schließen der Verbindung, wobei wenigstens, mit der größten Sorgfalt beobachtend, der Verfasser nie einen Funken hat bemerken können, wohl aber entsteht derselbe immer in dem Augenblick, wo man die Verbindung unterbricht.

Ist das Plattenpaar groß, so ist der Funke stärker, sind die Säuren, mit denen man arbeitet, concentrirt, so ist der Funke noch stärker, nimmt man mehrere Plattenpaare, viele Paare, so steigert sich die Mächtigkeit des Funkens immer mehr, er wird schallend, klatschend und zwar um so lauter, je besser die Verbindung war und je plötzlicher sie unterbrochen wird. Gehen Poldrähte (die man mit dem gemeinschaftlichen Namen Elektroden zu bezeichnen pflegt) in ein Näpfchen mit Quecksilber, so entsteht beim plötzlichen Herausziehen der einen Elektrode eine kleine Explosion, bei welcher sich Rauch von dem verdampften Quecksilber erhebt.

Das Kohlenlicht.

Hier ist Wunderbares geleistet. Humphry Davy hat mit seinen großen Trogapparaten Lichtbogen von 8 Zoll Länge erhalten, von einem so ungeheuren Glanze, daß das Auge denselben durchaus nicht ertragen konnte, von einer Hitze, der durchaus kein Körper zu widerstehen vermochte; Glimmer, Talk, reiner Kalk schmolz darin, geriethen vollständig in tropfendes Fließen. Die colorirte Vignette des Umschlages giebt eine Ansicht des elektrischen Lichtbogens, so weit es möglich ist, denselben in Farben darzu-

stellen, der blendende Lichtglanz und die Helligkeit der leuchtenden Sterne läßt sich allerdings nicht malen. Im Kleinen kann man die Erscheinung schon mit vier Platin- oder Kohlen-Elementen erhalten, man muß an die Enden der Elektroden gut ausgebrannte Stücke Coaks, welche spitz gesprengt sind, befestigen, und während die Batterie in Thätigkeit ist, die Spitzen einander nähern. Da, wo sie sich berühren, entsteht ein so hell leuchtender Stern von dem klarsten ruhigsten Lichte, daß schon diesen das Auge kaum ertragen kann. Doch darf man bei 4 bis 6 Plattenpaaren noch nicht wagen, die Spitzen von einander zu entfernen, um einen Lichtbogen zu bekommen, sobald man dies thut, erlischt das Licht augenblicklich.

Hat man jedoch über eine Kohlen- oder Platinbatterie von 30 Elementen zu verfügen und sind die Elemente groß genug, d. h. hat das Platin oder die Kohle eine Oberfläche von 36 Quadratzoll, so ersetzen sie vollständig die große Batterie, welche Humphry Davy bauen ließ und welche aus 2000 Plattenpaaren von ¼ Quadratfuß bestand, die in 100 Porzellantrögen stehend, mit verdünnter Schwefelsäure und etwas Salpetersäure in Thätigkeit gesetzt, zu all den großen Entdeckungen führte, durch welche die neuere, die Elektrochemie, sich von der früheren unterscheidet.

Dies Ungeheuer aber, welches in einem geräumigen Keller stand und dessen Drähte hinauf in das Laboratorium des gelehrten Engländers gingen, war — wenn schon nur aus Kupfer und Zink, doch wegen seiner Ausdehnung und der Maschinerie, welche erforderlich, um die Platten von dem Zimmer des Experimentators aus gleichzeitig zu heben oder zu versenken, damit sie die Säure in dem Augenblick verließen, in welchem die Versuche aufhörten — so kostspielig, daß man 20 Grove'sche Batterien von der oben gedachten Größe dafür hätte herstellen können; deshalb wurden jene Versuche sonst nirgends wiederholt und nur wenige begünstigte Menschen hatten sie gesehen, indessen jetzt viele Tausende davon genaue Kenntniß durch eigene Anschauung haben, denn in Frankreich und Deutschland sind sie an vielen Orten wiederholt und der Verfasser selbst besitzt zwei Batterien von mehr als der angegebenen Größe, nämlich eine Grove'sche und eine Sturgeon'sche, jede mit 36 Plattenpaaren.

Das Angenehme einer solchen Batterie ist, daß sie in Thätigkeit gesetzt sechs Stunden wenigstens ganz gleich in ihrer Wirkung bleibt, indeß bei allen denjenigen, welche wie die Davy'sche mit nur einer Flüssigkeit geschichtet sind, die Wirkung schon nach einer Viertelstunde zum größten Theile aufhört oder wenigstens auf ein Minimum herabsinkt, die Zerstörung des Apparates aber mit um so größerer Schnelligkeit fortschreitet, je wärmer die Flüssigkeit und die Metalle durch die galvanische Action werden. Ist

bei einer constanten Batterie jedoch Alles in der geeigneten Verfassung, haben die Säuren die verlangte Stärke (einerseits höchste Concentration, andererseits angemessene Verdünnung) und ist das Zink amalgamirt, so ist trotz einer außerordentlich mächtigen Wirkung doch von keiner Zerstörung die Rede.

Nur zu den stärksten Lichterscheinungen sind übrigens so große Batterien nöthig, die meisten der anzuführenden Erscheinungen sieht man schon bei vier bis sechs Elementen ungemein schön.

Die beiden Polenden einer Batterie werden in eine solche Entfernung von einander gebracht, daß man sie leicht und bequem bis zur Berührung einander nähern oder auf vier und sechs Zoll aus einander schieben kann.

Befestigt man an einem Pol einer Batterie ein Stück Eisendraht und führt man alsdann das andere Ende gegen den zweiten Pol, doch so, daß die den Draht leitende Hand außerhalb des Schließungsbogens ist, so wird alsbald der Draht, der zwischen den beiden Polen ist, heiß, er geräth in Glühen, das Glühen geht über in ein helles blendend leuchtendes Weißglühen und nun gewahrt man eine ganz wunderbare Erscheinung. Wenn man den Draht nicht gespannt, sondern so schlaff hält, daß er einen Bogen bildet, so lösen sich Kügelchen von demselben, welche wie strahlende Sterne aussehen, sie fließen längs des Drahtes von beiden Seiten herab nach der Mitte zu und fallen dann hernieder; in kurzer Zeit ist jedoch der Draht zu dünn geworden, um im glühenden Zustande noch die nach der Mitte zusammenfließende Metallmasse zu tragen, das ganze geschmolzene Klümpchen fällt nun nieder, zertheilt sich durch den Aufschlag in eine große Menge kleiner, weißglühender Kügelchen, rollt vom Tisch auf den Boden und es dauert ziemlich lange, bevor sie erstarren, nachdem sie überall Spuren der Berührung hinterlassen haben.

Ist die Batterie stark, etwa 8 Paar à 30 Quadratzoll, so geschieht bei einem Eisendraht von 1 Millimetre (ungefähr der dritte Theil einer Linie nach dem Decimalmaaß) Dicke und 6 Zoll Länge alles hier Beschriebene in Zeit von 3 Secunden.

Die F a r b e der Funken rührt von den verbrennenden Metallen her, ist daher je nach dem Metalle, welches man anwendet, verschieden, sie zeigt sich auch nicht im Erglühen eines Drahtes, sondern nur, wenn man die Batterie durch ein gewisses Metall schließt und öffnet. Z. B. man schraubt auf jede der beiden Poldrähte, auf die Elektroden ein Stück Eisen, welches, selbst blank, das blanke Kupfer der Elektroden in möglichst vielen Stellen berührt und durch die Schraubzwingen vermittelt g e n a u berührt.

Wenn man nun bei der in Thätigkeit gesetzten Batterie die Eisenstücke an einander bringt und trennt und diese Vereinigung recht oft und schnell

hinter einander wiederholt, so sieht man bei jeder Trennung einen strahlensprühenden Stern von lebhaftestem Orange entstehen. Der Stern wird feststehend, wenn man die Verbindung durch eine Stahlfeder einleitet, welche durch ihre Vibration bald öffnet und bald schließt und dies in größerer Schnelligkeit hinter einander kann, als des Menschen Hand es vermag. Ist der Schließungsdraht beweglich und fährt man mit demselben über eine Feile, welche an die Elektrode befestigt ist, so verstärkt sich der rothgelb leuchtende Stern zu einem Flammenstrom, welcher die ganze Länge der gebrauchten Feile einzunehmen scheint, indeß er doch thatsächlich immer nur an einem Punkte sein kann, die Strahlen sind jedoch so lang, so feurig und in solcher Menge vorhanden, daß sie bei schneller Bewegung der Hand die obige Erscheinung bieten.

Einige Personen affectiren entweder Furcht oder haben sie wirklich vor diesen lebhaften Funken und sie warnen auch wohl die dem Experimentator in größter Nähe Zusehenden, sich keinen solchen Funken gegen die Hand kommen zu lassen; die Besorgniß ist jedoch ganz überflüssig. Obwohl nämlich die ganze Erscheinung von geschmolzenem und verbrennendem Metall herrührt, so ist die Vertheilung desselben doch so außerordentlich zart, daß die Berührung wirklich vollkommen effectlos ist, die gelben Funken und Strahlen sehen zwar gefährlich genug aus, lediglich jedoch, weil ihr Licht so lebhaft ist, nicht, weil sie wirklich Eisenmassen wären, welche verletzen könnten, wie etwa die weißglühenden Sterne, welche unter dem Hammer des Schmiedes sprühend und zischend entweichen, wenn er zwei Stücke Eisen zusammenschweißt.

Nimmt man zur Schließung der Batterie ein anderes Metall, so sind die Funken und Strahlen auch von anderer Farbe, Kupfer z. B. giebt ein außerordentlich schönes Grün. Um Kupfer, da es sehr gut sowohl Wärme als Elektricität leitet, als Draht zu verbrennen, muß die Batterie entweder viel stärker sein als bei dem Verbrennen von Eisen oder der Draht muß in demselben Verhältniß dünner sein. Ist dies Verhältniß erreicht, so wird der schließende Kupferdraht zwar wie jeder andere*) zuerst rothglühend, so wie die Farbe sich aber in das Hellroth neigt, stößt er über seine ganze Länge blaugrüne Dämpfe aus, die Farbe des schmelzenden Metalles geht selbst in ein helles, höchst intensiv leuchtendes Grün über und endlich zer-

*) Ausgenommen diejenigen Metalle, welche früher schmelzen als sie in's Glühen kommen, wie Blei, Zinn, Zink rc.

fließt dasselbe zu den prachtvollsten grünen Perlen, welche noch viel länger leuchtend auf dem Stubenboden umher tanzen als die glühenden Eisenkügelchen.

Zink verbrennt unter starkem weißem Rauch mit lebhafter, blendend weißer Flamme. Gold verbrennt weiß mit bläulichem Grunde der Flamme unter Hinterlassung eines braunen Oxydes, es verdampft nicht wie die anderen weniger feuerbeständigen Metalle, sondern verbindet sich im elektrischen Strome mit dem Sauerstoff, aus welcher Verbindung es auch wieder durch abermalige Erhitzung zu befreien ist. Silber verbrennt mit glänzend meergrünem Lichte unter Entwickelung eines lebhaften grauen Rauches; Blei giebt ein auffallend schönes Hochroth, aus dem Berührungspunkte sprühen schneeweiß leuchtende Sterne, äußerst kleine Bleikügelchen, welche in Weißglühhitze sind, ohne noch zu verbrennen, welches in unmittelbarer Berührung unter rother Farbe geschieht. Wismuth und Antimon verbrennen violett, das eine der Metalle unter dem entschiedensten Blauviolett, das andere Rothviolett, beinahe Purpurroth.

Wenn man die Verbindung der beiden Pole einerseits durch Quecksilber, in das die eine Elektrode taucht, andererseits aber durch eines der gedachten Metalle bewerkstelligt, so sind die Erscheinungen in einiger Art verändert. Die Farbe der eizelnen Metalle ist deutlich zu erkennen, doch immer mit einer weißen Grundlage, welche von dem verbrennenden Quecksilber herrührt, welches auch einen so starken Rauch entwickelt, daß es bei der Dauer des Experiments von auch nur ein paar Minuten die Lungen incommodirt und leicht schädlich werden kann.

Wunderbar ist es, daß die Drähte, welche zu Elektroden gebraucht worden sind, durch die Wirkung des elektrischen Stromes nach und nach mürbe und brüchig werden, ja es sind nicht einmal starke Ströme nöthig, sondern so schwache Ströme wie sie behufs der galvanischen Vergoldung, Verkupferung &c. (von diesen technischen Verrichtungen wird später gesprochen) angewendet werden, verändern die Drahtleitungen schon sehr und ein Kupferdraht, welcher einige Jahre zum Telegraphiren gebraucht worden, ist so brüchig, daß es nur geringer äußerer Veranlassung bedarf, um eine Trennung herbeizuführen.

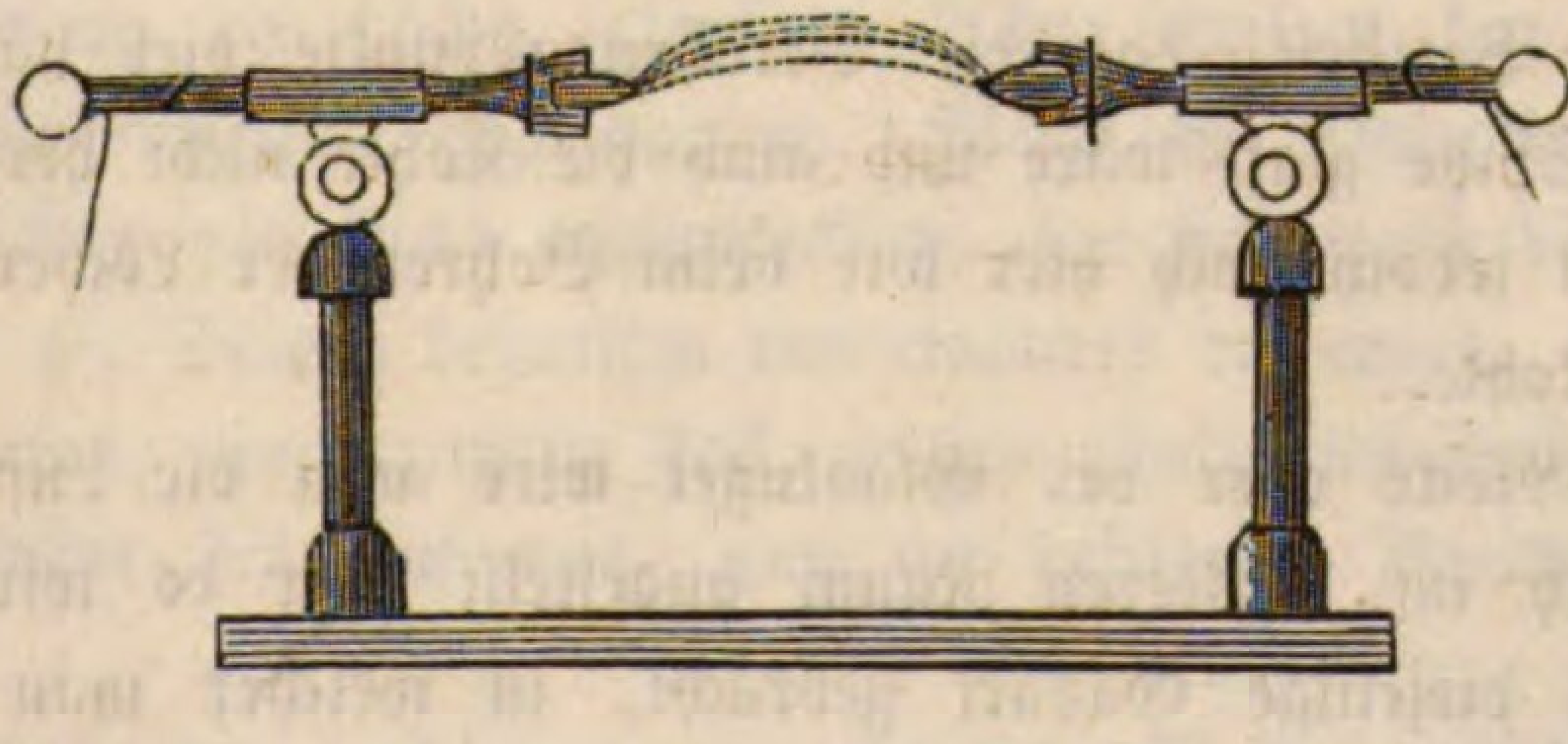
Der Lichtbogen der Batterie.

Sind die angeführten Lichterscheinungen schon sehr schön zu nennen, so sind blendend und unbeschreiblich diejenigen, welche mittelst der Entladung einer Batterie durch Kohle erhalten werden.

Erste Bedingung des Gelingens ist, daß die Kohlen gut leitend sind; man wählt daher zweckmäßig solche, wie sie zu den Bunsen'schen galvanischen Elementen verwendet werden, sehr gute Dienste thun auch Coaks, welche nicht gar zu blasenreich sind. Man sprengt sich durch Zerschlagen eines größeren Stückes ein paar Stücke ab, welche drei- oder vierseitige Pyramiden bilden. Man feilt nun eine der Seiten möglichst flach, so daß sie auf die Elektroden (die man gern aus breiten Kupferstreifen macht, nicht aus rundem Draht) passen, sie in möglichst vielen Punkten berühren; dann werden diese Stücke auf den Elektroden befestigt, indem man sie mit Schrauben einklemmt, oder was besser ist, indem man sie mit weichem Kupferdraht durch mehrfache Umschlingungen daran festbindet.

Die Fig. 139 zeigt eine andere Befestigungsart, welche zwar bequemer, jedenfalls aber nicht so genau und also auch nicht so wirksam ist. Der Leser sieht, daß die ganze Veranstaltung nichts weiter ist als der S. 77 beschriebene allgemeine Auslader von Henly, welcher hier nur etwas größer gezeichnet und von welchem das in der Mitte stehende Tischchen weggelassen ist.

Fig. 139.



Die auf den Glassäulen ruhenden Charniere haben Röhren, in denen sich die Drähte verschieben lassen. Diese dicken Drähte sind vorn so aufgeschnitten und ausgehöhlt, wie die bekannten metallenen Bleistifthalter. In

diesen Schlitz steckt man die Kohlensplitter und befestigt sie durch Ringe, welche, wie Fig. 139 zeigt, auf dem gespaltenen Theile des Drahtes verschiebbar sind.

Außerhalb an die beiden Säulen sind die Zuleitungsdrähte befestigt und die dicken Bleistifthalter können in den Röhren der Charniere einander beliebig bis zur Berührung genähert werden.

Diese wie die vorher angeführte einfachere Befestigungsart ist jedoch nur brauchbar, wenn man die Operation in atmosphärischer Luft machen will. Beabsichtigt man aber die Versuche in andern Gasarten oder im luftleeren Raum zu machen, so ist noch eine dritte Befestigungsart geboten.

Der Leser wird später eine Vorrichtung kennen lernen, welche man Stopfbüchse nennt. Hier wollen wir nur sagen, daß es eine metallene Kapsel mit einer Füllung von geöltem weichen Leder ist, durch welche ein ¼ Zoll dicker Draht geschoben werden kann, d. h. so, daß neben ihm vorbei keine Luft dringe.

Eine Glasglocke, welche an zwei einander gegenüber liegenden Seiten Stopfbüchsen hat, wie man sie zu den Versuchen mit der Luftpumpe braucht, ist zu den gedachten Kohlenverbrennungen sehr geeignet. Davy bediente sich allerdings einer fußgroßen Glaskugel, was gewiß eleganter, vielleicht auch schöner, aber keineswegs nothwendig ist.

Die Drähte, welche zu dem Verbrennungsversuche gebraucht werden sollen und welche in die Stopfbüchsen sehr sorgfältig eingeschliffen sein müssen, feilt man da, wo sie in der Glocke stehen, spitz und schneidet kegelförmige Schrauben daran. Mit einem Bohrer, welcher diesen Schrauben entspricht, bohrt man am Fuß des pyramidenförmigen Stückes Coaks sehr behutsam, um das Sprengen zu verhüten, eine Oeffnung, in welche man die Kupferschraube (den Draht der Stopfbüchse) treibt. Die Schraube daran hat den Vortheil, daß die Berührungspunkte viel häufiger werden als wenn die Spitze glatt wäre und auch die Kohle nicht herabfallen kann. Behutsamkeit ist jedoch auch hier wie beim Bohren der Löcher nöthig, sonst zerspringt die Kohle.

Aus der Glocke oder der Glaskugel wird nun die Luft ausgepumpt und der Versuch im luftleeren Raum angestellt oder es wird in die leer gemachte Kugel diejenige Gasart gebracht, in welcher man die Versuche anstellen will.

In allen Fällen verfährt man nun wie folgt:

Nachdem die Batterie mit den gehörigen Säuren gefüllt, die Elektroden gereinigt, die Kohle damit verbunden und im letzten Falle, da man Versuche im leeren Raum oder mit Gasarten anstellen will, dieses

besorgt ist, nähert man die Spitzen der Kohlenpyramiden einander, bis sie sich berühren.

In dem Augenblick, wo dieses geschieht, sieht man einen blendend weißen Stern von der wunderbarsten Klarheit in ruhigem, planetarischem Lichte erscheinen. Derselbe flimmert durchaus nicht, sondern steht so lange fest, als die Kohlenspitzen sich berühren und in ihrer Form unverändert bleiben und er hat eine solche Helligkeit, daß nur wenige Personen schmerzlos den Anblick ertragen können. Die Leuchtkraft dieses Sternes ist so groß, daß neben demselben andere Lichter, die Flammen von Wachskerzen, von Gaslampen grau und matt erscheinen, ja daß die Flammen selbst zu Schatten werfenden Körpern werden, also daß, wenn zwischen dem elektrischen Sterne und einer weißen Wand sich eine, auch die hellste Gasflamme befindet, diese Flamme als Schatten an der Wand erscheint. Zugleich erscheinen aber diejenigen Punkte, zu denen das Kohlenlicht nicht dringt, völlig schwarz, die Schatten sind so dunkel als das Licht blendend ist.

Der Stern wird schon bei drei Grove'schen Elementen sichtbar, ist aber blendend schön, wie hier beschrieben, bei sechs bis acht derselben, doch darf man bei dieser Anzahl (falls sie nicht sehr große Flächen einnehmen) die Spitzen noch nicht trennen, um das zu erhalten, was man einen galvanischen Lichtbogen nennt. Bunsen erhielt denselben allerdings schon mit vier von seinen Elementen, doch hatten die verwendeten Kohlencylinder 29 Quadratfuß Oberfläche und müssen dieselben so groß sein, so ist es allerdings viel vortheilhafter, mehr Elemente von geringeren Dimensionen zu nehmen, denn man kommt mit weniger als dem dritten Theile aus.

Das Experiment, um den Lichtbogen zu erhalten, wie ihn der Umschlag dieser Hefte andeutet, ist sehr einfach. Nachdem man mit einer hinlänglich zahlreichen oder hinlänglich großplattigen Batterie die Schließung vorgenommen und ein höchst intensives Licht erhalten hat, zieht man behutsam die Kohlenspitzen auseinander. Wenn die Batterie nicht stark genug war, erlischt das Licht augenblicklich, hat sie jedoch die nöthige Kraft, so kann man die Spitzen behutsam von einander entfernen, um einen achtel, um einen halben, einen ganzen Zoll, ja im günstigsten Falle mit ungeheuer großen Batterien bis auf vier, und im luftleeren Raum sogar bis auf acht Zoll.

Der Lichtbogen, welcher dann erscheint, ist das prachtvollste, was es giebt, der eine Stern, welchen die beiden vereinten Kohlenspitzen bilden, trennt sich in zwei verschiedene, zwischen denen glühende Kohlentheilchen sich hin und her schwingen, einen gelbblau- und hochroth-leuchtenden Bogen bilden, welcher immer höher wird, je weiter man die Kohlenspitzen ausein-

ander zu ziehen vermag, dabei einen Glanz und eine Helligkeit entwickelt, welche Alles, was man sich vorstellen kann, außer dem Sonnenlichte selbst, übertrifft und in welchem zugleich eine so intensive Heizkraft neben der Leuchtkraft auftritt, daß keine bekannte Substanz ihr widersteht, Alles darin verbrennt oder schmilzt. Nicht nur Platina und das noch schwerer schmelzbare Iridum, sondern auch Saphir, Quarz, Talk und Kalk kommen dabei in vollständigen Fluß, so daß sie tropfenweise aus dem Feuerbogen niedersinken.

Es ist begreiflich, daß alle Experimente, welche man mit diesen blendenden Lichtbogen machen will, nur unter den größten Vorsichtsmaßregeln für die Augen angestellt werden dürfen, man trägt dabei gewöhnlich grüne Plangläser in Horn und Leder eingefaßt, so daß Letzteres das Auge ganz umschließt. Die Färbung des Glases darf sogar sehr dunkel gehalten sein, indem das Licht des Lichtbogens stärker wirkt als der Sonnenschein (obwohl es wirklich um ein Bedeutendes schwächer ist), weil es auf einen kleinen Raum concentrirt und im Dunklen gesehen wird.

Der Grund der wunderbaren Erscheinung liegt höchst wahrscheinlich in dem Glühen losgerissener kleiner Theilchen der schließenden Substanz, daher auch die sehr verschiedene Farbe, welche hier bei den glühenden Kohlen vorzugsweise roth ist, nächstdem am Grunde der Flamme blau, wie wir die Kohle verbrennen sehen. Dabei ist jedoch durchaus noch nicht die ungeheure Größe des Bogens erklärt. Das höchst intensive Licht kann herkommen von der außerordentlichen Gluth, in welcher sich die Kohlentheilchen befinden, daß sie aber einen Bogen von sieben bis acht Zoll bilden, der noch überdies eine Breite oder Höhe hat, welche beinahe eben so groß ist, ist zunächst nicht erklärbar, da der Verlust der Kohle so außerordentlich gering ist, daß er sich kaum auf der empfindlichsten Waage entdecken läßt, indessen fliegen Kohlentheilchen wirklich in Form leuchtender weißer und rother Sterne von einer Elektrode auf die andere, wie man durch Beobachtung des Flammenbogens mit einem fünfzigmal vergrößernden Mikroskop unzweifelhaft erkennt.

Obwohl die Kohlentheilchen mit einer außerordentlichen Gewalt nach allen Richtungen fortgeschleudert werden, so daß die Strahlen förmliche Striche bilden und man sie durchaus nicht fliegen, sondern die farbigen Linien erscheinen und eben so plötzlich verlöschen sieht, obwohl diese Kohlentheilchen von beiden Polen ausgehen und dadurch einen jener prachtvollen Sterne mit Strahlen von allen Farben bilden, zwischen denen der Flammenbogen steht, so ist doch durch Beobachtung erwiesen, daß der eigentliche Strom, der den Bogen selbst bildet, von dem positiven Pole ausgeht und

daß sich dadurch auf der positiven Elektrode eine Vertiefung, auf der negativen eine Erhöhung bildet, jedoch beide von so geringer Ausdehnung, daß die Waage, wie bereits bemerkt, davon nicht Kunde giebt.

Sehr eigenthümlich ist der Einfluß, den ein anderer elektrischer Strom auf diesen elektrischen Strom hat. Wenn man eine hinlänglich weitgewundene Spirale von Kupferdraht um die beiden sich berührenden Elektroden, welche das galvanische Licht erzeugen sollen, windet und nun das Experiment macht, so geschieht Alles als ob die Spirale gar nicht vorhanden wäre; natürlich unter der Voraussetzung, daß sie keinen der Pole der Säule berühre, denn geschähe dies, so würde die Batterie, welche das Licht erzeugen soll, sich durch das Metall der Spirale ausgleichen und keine Lichterscheinung stattfinden.

Ist Alles so vorgerichtet und hat man einen Lichtbogen von möglichster Ausdehnung erzielt und läßt nun einen zweiten elektrischen Strom von einer andern gleich großen Batterie durch die Spirale gehen, so verschwindet der Lichtbogen, welcher innerhalb derselben brennt, vollständig in dem Augenblick, wo die Schließung der Batterie erfolgt, aber derselbe Lichtbogen stellt sich sogleich wieder her, wenn man die zweite Kette öffnet. Hat man diese Kette jedoch lange geschlossen gehalten und sind die Elektroden erkaltet, von denen das elektrische Licht ausging, so erscheint derselbe auch nicht wieder; man muß die Elektroden erst von Neuem in Berührung mit einander bringen. Die Temperatur der Elektrode ist überhaupt für die Erscheinung des Bogens von Bedeutung, auch bei der größten Batterie erhält man diese Bogen nicht gleich Anfangs, sondern immer erst, wenn die Kohlenstücke sich erhitzt haben und dies ist so sehr der Fall (und so wenig Schuld der Elektricität), daß man die Erscheinung des Bogens sehr befördern kann, wenn man vor der Schließung der Batterie die beiden Kohlenspitzen durch eine Weingeistflamme stark erhitzt.

Bleibt der feurige Bogen innerhalb der Spirale, so kann man ihn zwanzigmal hinter einander zum Erscheinen und zum Verschwinden bringen, falls die Schließung der zweiten Batterie nur schnell genug mit der Oeffnung derselben abwechselt. Es scheinen hier die beiden Ströme feindlich, abstoßend auf einander zu wirken. Die Versuche von de la Rive angestellt, lassen jedoch noch sehr viel Dunkles und Unerklärtes übrig, was vielleicht von der sehr oberflächlichen Beschreibung herrührt, welche eine Menge von Bedingungen übergeht, als bekannt voraussetzt, welche derjenige, der bei Anstellung der Versuche zugegen oder gar thätig ist, wohl weiß, welche jedoch dem fernstehenden Leser durchaus nicht so klar sind wie der Verfasser

jenes Aufsatzes in den Philosophical Transactions und den Comptes rend. zu glauben scheint.

Neef in Frankfurt a. M. hat die merkwürdige Entdeckung gemacht, daß das eigentliche elektrische Licht immer nur an der negativen Elektrode entsteht, daß es daselbst ursprünglich erscheint, unabhängig von der Verbrennung ist und daß die positive Elektrode ganz lichtlos, wohl aber die Quelle aller in der Berührung zwischen den Spitzen sich entwickelnden Wärme sei, die jedoch dunkel, nicht leuchtend wäre; daß ferner beide, Licht und Wärme sich nicht gleich anfänglich vereinigen, sondern erst nachdem sie auf einen gewissen Grad gesteigert worden, worauf dann die Flamme und die Verbrennung eintritt, welche immer am positiven Pole beginnt und sich erst nach und nach der negativen Elektrode mittheilt.

Ganz außerordentlich schön kann man die Erscheinung verfolgen und in ihren Einzelnheiten studiren, wenn man durch Verbindung einiger Linsen zu einer Laterna magica das Bild des elektrischen Apparats vergrößert auf einen aufgespannten Papierbogen wirft. Hier sieht man sehr deutlich das Entstehen des leuchtenden Funkens am negativen Pole, darauf das spätere Eintreten der Erglühung des positiven und das Aussprühen glühender Kohlentheilchen nach dem negativen Pole hin, in Folge dessen denn auch bald der negative Pol glüht, d. h. wirklich von Seiten des positiven her entzündet wird, immer aber bei weitem schwächer glüht als der positive Pol.

Es läßt sich allerdings gegen das, was von so ausgezeichneten Männern wie Neef ausgeht, nur wenig einwenden, allein daß die Hitze nicht gleichzeitig mit dem Licht auftreten sollte, ist schwer zu glauben und es ließen sich viele Versuche anführen, welche das Gegentheil bewiesen, z. B. die Zündkraft des elektrischen Funkens für Weingeist, Wasserstoffgas, Colophonium, Schießpulver 2c.; da der Funken um nur den zehnmillionsten Theil einer Secunde dauert, so können wir ohne Gefahr zugeben, das Licht erscheine früher als die Wärme, der Unterschied kann höchstens den zwanzigmillionsten Theil einer Secunde betragen — andere Leute nennen dies gleichzeitig. Schließt man die beiden Pole einer Batterie von sechs Grove'schen Paaren durch eine vibrirende Feder, welche die Berührung einleitet und aufhebt und dies schnell hintereinander thut, so bekommt man bei jedem Oeffnen der Kette einen lebhaften Funken, dieser Funken zündet einen mit Weingeist oder Aether getränkten Papierstreif an, jedesmal wenn derselbe ihm nahe kommt.

Anwendung des elektrischen Lichtes.

Die außerordentliche Heiz- und Leuchtkraft des elektrischen Stromes hat vielfach Vorschläge zur praktischen Benutzung derselben hervorgerufen, versuchsweise ist auch die Ausführbarkeit bewiesen, doch zur eigentlichen Anwendung ist nur die Lichtstärke und diese, so viel der Verfasser weiß, nur in einer Richtung, nämlich als Seeleuchte gekommen.

Läßt man eine Weingeist- oder eine Wasserstoffgas-Flamme im gewöhnlichen Tageslichte brennen, so sieht man sie kaum und bei Nacht leuchten beide so außerordentlich wenig, daß sie zum Beleuchten, zum Erhellen eines Raumes durchaus nicht brauchbar sind, bringt man aber einen festen Körper innerhalb dieser schwachleuchtenden Flamme zum Glühen, so erhebt sich die Leuchtstärke der Flamme auf eine mit der vorigen fast nicht zu vergleichende Höhe.

So geschieht es im höchsten Grade mit dem Kalk, welcher in Wasserstoff glüht, so in einem zwar geringeren aber doch auch bedeutenden Grade mit einem Platinblech von recht geringer Dicke, welches in einer Weingeistflamme glüht. Die Weingeistflamme aber macht das Platin nur hellrothglühend, kann man Weißglühhitze darin erzielen, so ist die Leuchtkraft noch sehr viel größer. Der feste Körper ist es also, dessen Glühhitze die Leuchtkraft bedingt. Dies ist aber sehr leicht durch den elektrischen Strom zu bewerkstelligen.

Ein Stück Platindraht von der Länge, welche im Strome einer gegebenen Batterie ganz in Weißglühhitze kommt (mit 30 Bunsen'schen Elementen von 36 Quadratzoll Oberfläche des Kohlencylinders kommt ein 3 Fuß langer Platindraht von $\frac{1}{3}$ Linie in volles Weißglühen, mit 80 Elementen einer Bunsen'schen Batterie von 1 Quadratfuß Zinkoberfläche, wie das polytechnische Institut zu Wien dieselbe hat, kommt ein 8 Fuß langer und $\frac{1}{2}$ Linie dicker Draht von Platin in Weißglühhitze), wird zu einer Spirale gewickelt, doch so daß die Windungen sich nirgends berühren.

Geht der galvanische Strom hier hindurch, so wird natürlich auch die Spirale eben so glühend wie der lange Draht, aber die Leuchtkraft desselben ist auf den kleinern Raum von einigen Quadratzollen zusammengezogen und das Licht wird dadurch handlicher, bequemer zu bewegen oder auch nur aufzustellen, als wenn es aus einem acht Fuß langen Faden bestände.

Solche Spirale schlägt Grove zur Beleuchtung der Kohlengruben vor. Eingeschlossen in eine luftleere Glaskugel werden diese glühenden Platindrähte eine starke Beleuchtung der Arbeitsräume gewähren und doch

zugleich eine gefahrlose. Gefahr in einem hohen Grade ist nämlich vorhanden, wenn die Beleuchtung auf die gewöhnliche Art, durch die Flamme eines Lichtes oder einer Lampe geschieht. Aus den Spalten der Kohlenlager dringt sehr häufig ganz unvorhergesehen eine beträchtliche Menge gekohlten Wasserstoffgases, welches sich mit der atmosphärischen Luft vermischt, die in den Gängen und ausgehöhlten Räumen der Bergwerke vorhanden ist und damit Knallgas bildet, welches nur durch das einen Theil der atmosphärischen Luft bildende Stickstoffgas verdünnt ist.

Wer aber weiß, welche gewaltthätige Wirkung eine Schweinsblase von ⅛ Kubikfuß mit Knallgas gefüllt und entzündet schon hat, der kann einigermaßen ermessen, wie ein paar tausend Kubikfuß wirken mögen, auch wenn das Knallgas sehr verdünnt ist durch die Anwesenheit des Stickstoffgases.

Kann man nun, wie dies allerdings thunlich, die Leuchtkraft eines elektrischen Stromes beinahe ungeschwächt benutzen, indeß man die Hitze, welche derselbe erzeugt, ganz beseitigt, so wäre damit die gefahrlose Beleuchtung ermöglicht; allein Glas ist zerbrechlich, ein kleines Steinchen, von der Decke fallend, zertrümmert das Glasgefäß und dann ist die Gefahr in ihrem vollendeten Maße da, denn nicht blos weißglühendes Platin, sondern schon roth glühendes entzündet den Knallgasstrom, wie wir an unserm Platinfeuerzeug sehr wohl wissen.

Dieser Uebelstand mag wohl die Ausführung im praktischen Bergmannsleben gehindert haben, denn meines Wissens ist der Vorschlag nirgends in's Leben getreten.

Ein anderer Vorschlag ist die Beleuchtung der Straßen und Plätze durch das elektrische Spitzenlicht.

Es ist bereits davon gesprochen, welch eine außerordentliche Helligkeit dadurch erzielt wird, allein es ist noch viel mehr im Großen als Experiment ausgeführt worden, als es gewöhnlich der Experimentator im Laboratorium thut.

Ein Professeur de la Physique amusante gab hier in Berlin vor einigen Jahren Darstellungen einiger auffallender chemischer und physikalischer Curiosa, unter diesen war das elektrische Licht. Von dem Balcon des Hôtel de Russie beleuchtete er zuerst die Marmorstatuen auf der Schloßbrücke, dann das Museum, in einer Entfernung von 400 Schritten und man konnte nicht nur die Inschrift über der Hauptfront lesen, sondern die Einzelnheiten der großen Frescogemälde sehr deutlich erkennen, ja der Verfasser hat daselbst, zwischen den mächtigen Säulen der Vorhalle stehend, die größeren Schriften eines Komödienzettels bequem lesen können, eine

Wirkung, welche gewiß einen Jeden in Erstaunen setzt, der da weiß, daß der eigentliche leuchtende Stern höchstens eine Erbse groß ist. Er war zwar verstärkt durch einen Hohlspiegel von parabolischer Form, der indessen entweder sehr schlecht war oder durch Schuld des Experimentators nicht die gehörige Wirkung üben konnte, indem die Strahlen nicht, wie es eigentlich durch einen parabolischen Spiegel bewirkt werden soll, parallel fortliefen, also nur einen Raum von der Größe der vordern Oeffnung des Spiegels, sondern das ganze Museum beleuchteten, jedenfalls hat, wenn der Spiegel gut war, der leuchtende Punkt nicht im Focus gestanden.

Wer jedoch dieses interessante Experiment zu sehen Gelegenheit hatte, wird auch bemerkt haben müssen, daß hinter vorhandenen festen Gegenständen eine fast absolute Finsterniß herrschte, was um so auffallender war, je näher man dem leuchtenden Punkte stand, indem daselbst der Unterschied noch greller hervortrat.

Um die Verlängerung der Rivolistraße in Paris zu fördern, sollte auch bei Nacht und zwar bei elektrischem Lichte gearbeitet werden, indem man hoffte die Nacht in Tag zu verwandeln; es gelang jedoch nicht, obwohl der leuchtenden Punkte mehrere waren, eben des Unterschieds wegen, den das überaus grelle Licht hervorrief. Der Tag giebt uns ein allgemeines, ganz gleiches Licht — schattenlos sogar, wenn die Sonne durch Wolken bedeckt ist, allein auch wenn sie hell scheint und also scharfe Schlagschatten wirft, ist wegen ihrer großen Entfernung und wegen der Zurückwerfung durch die Luft das Licht so allgemein vertheilt, daß nirgends im Schatten Dunkelheit herrscht, es ist sogar am sonnigsten Tage, inmitten eines Zimmers, das auf der Schattenseite eines Hauses liegt (wo also die schwächere Art der Beleuchtung noch abgeschwächt durch eine Umschließung von Mauern nur durch eine mäßige Oeffnung, das Fenster, erscheint) die Erleuchtung noch so lebhaft, daß man sie sehr hell nennen muß und daß die sogenannte tageshelle Beleuchtung durch Gasflammen zu Hunderten, doch bei Weitem noch nicht die wirkliche Tageshelle erreicht.

Dies nun ist es, was jeder künstlichen Beleuchtung fehlt, am meisten aber derjenigen Art, welche die leuchtenden Punkte verstärkt, aber ihre Zahl vermindert. Eine Stadt, in welcher alle 200 Schritte eine sehr helle Gaslaterne brennt, ist nicht halb so gut beleuchtet als eine solche, in der alle 50 Schritte eine mäßige Oellampe leuchtet, und dies mag es wohl sein, was der Ausführung auch dieses Vorschlages hindernd im Wege steht. Man ist daher überhaupt von der hellen Beleuchtung zurückgekommen und man macht sie lieber allgemein. Es scheint z. B. sehr viel Licht verloren zu gehen, indem die Gaslaternen nicht zurückwerfende Schirme, weiß ange-

strichen oder gar spiegelnd geschliffen und polirt, sondern ganz klare durchsichtige Glasdächer haben, wodurch alles Licht, welches nach oben geht, verloren scheint, indeß es doch durch die gedachten Schirme oder Spiegel für die Beleuchtung des Straßenpflasters nutzbar gemacht werden könnte.

Die Ansicht ist sehr irrig; nichts geht von dem Lichte verloren (außer etwa bei recht klarem Himmel), denn was nach oben zu auf die Häuser fällt, giebt seinen Widerschein auf die Straße herab, die viel besser beleuchtet ist, wenn man beide Häuserreihen von unten bis oben deutlich sieht, als wenn man oben alles stockfinster, und nur das Straßenplanum beleuchtet fände. Was aber aufwärts in die Atmosphäre strahlt, wird von den Wolken reflectirt, nicht nur sieht man deutlich die ganze trübe (nicht klare, sondern wolkige, neblige) Atmosphäre über einer gasbeleuchteten Stadt selbst röthlich leuchten, nicht nur macht sie dem von Ferne Herankommenden den Eindruck des Widerscheins einer entfernten Feuersbrunst, sie leuchtet auch wirklich, was man am Besten an einem von Gebäuden ganz umschlossenen Garten und Hofraum wahrnehmen kann. Dort, wohin kein Lichtstrahl einer Gas- oder sonstigen Laterne dringt, kann man doch alle großen und kleinen Gegenstände deutlich unterscheiden, lediglich durch das von den Wolken reflectirte Licht.

Die einzige Anwendung, welche das elektrische Licht gefunden hat, ist die auf einigen Leuchtthürmen an den englischen Küsten. Hierbei kommt es nun gerade auf einen sehr hellen, concentrirten Lichtpunkt an, der, durch Spiegel geregelt, seine Strahlen nach einer bestimmten Richtung sehr weit sendet; ob der übrige Raum etwas von der Beleuchtung bekommt, ist gleichgültig, ja häufig will man dieses sogar vermeiden, es soll nur eine Stelle, die gefährliche, beleuchtet werden. Einige Meilen vom Ufer erheben sich blinde Klippen, solche die den Spiegel des Meeres, die Oberfläche der See nicht erreichen, sie sind die gefährlichsten, weil sie sich selbst gar nicht verrathen. Bei Tage kann der aufmerksame Beobachter allerdings die Stelle, wo sie zehn bis fünfzehn Fuß unter Wasser liegen, an dem veränderten Aussehen der Oberfläche des Meeres erkennen, bei Nacht ist dieses unmöglich — da kommt der Leuchtthurm ihm zu Hülfe. Der Seemann fährt ruhig seines Weges fort im Dunkeln, bis er plötzlich sich in den Strahlen des fernen Thurmlichtes befindet, dann weiß er, dieses Licht beleuchtet die nächste Umgebung der gefährlichen Stelle, er kehrt entweder um, oder er wirft Anker oder er sucht auf eine andere Weise die ihm jetzt genau bekannte Gefahr zu umgehen.

Stillstehendes Licht wird gewöhnlich zu diesem Zwecke angewendet, soll der Leuchtthurm einen Hafen andeuten oder die Einfahrt bezeichnen, so

wählt man farbiges Licht oder Blicklicht, das in ganz bestimmten Zeiträumen auftaucht und dann wieder verschwindet. Wenn an sechs verschiedenen Punkten einer gefahrvollen Ufergegend Leuchtthürme, der eine aber im Laufe einer Minute erscheint und verschwindet, der zweite rothes Licht zeigt, der dritte eine Minute scheint und eine halbe Minute nicht, der vierte eine Minute scheint und zwei Minuten nicht, der fünfte grünes oder blaues Licht hat, der sechste zwei Minuten scheint und eine nicht, so kann der Seefahrer, dem alle diese Verhältnisse auf das Genaueste durch seine Bücher bekannt sind, sehr bestimmt wissen, in welcher Gegend des Meeres er sich befindet.

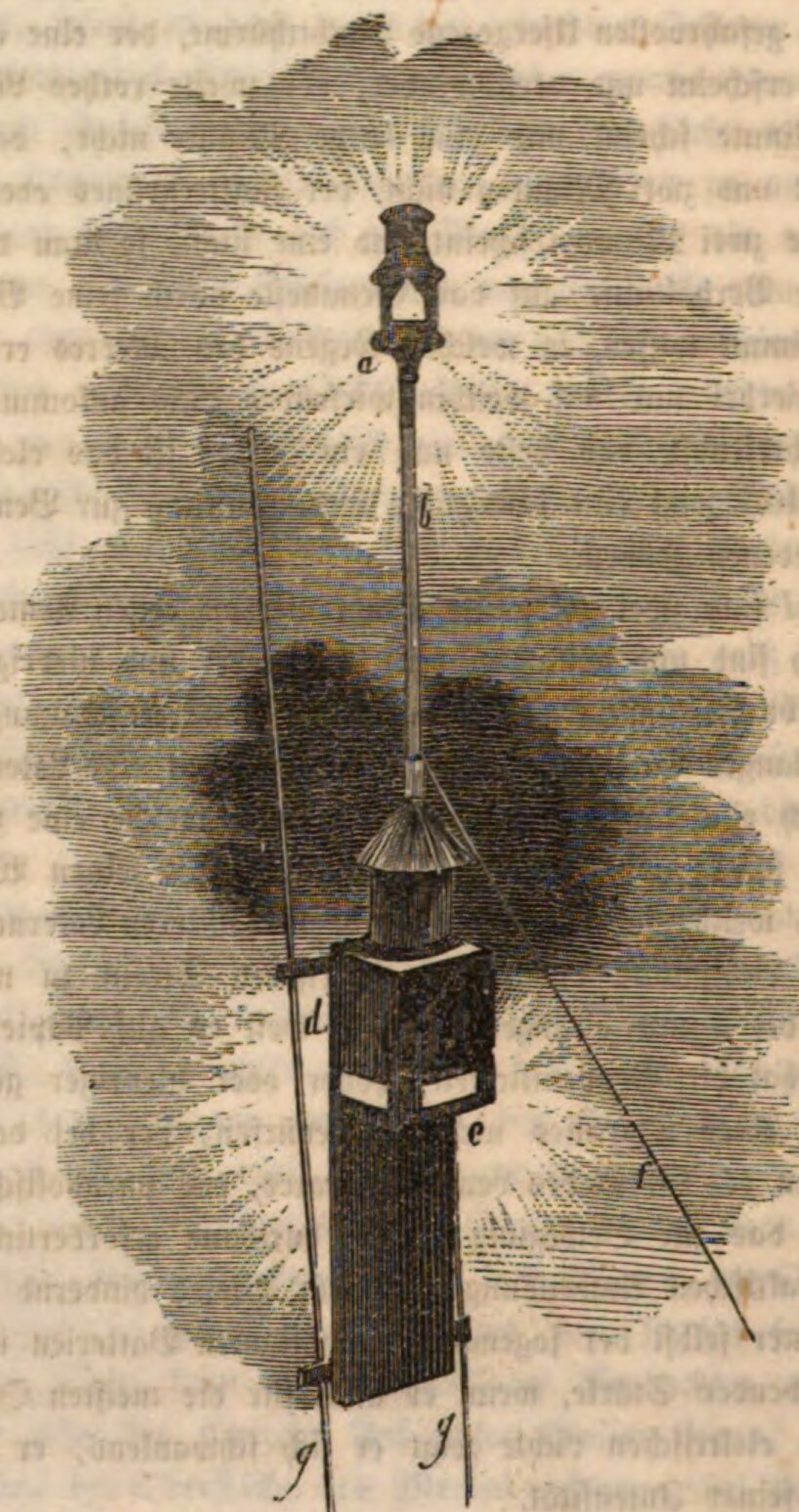
Da es hierbei nur auf weithin wirkendes Licht ankommt, so ist das grellste und schreiendste das beste und ein solches ist das elektrische. Die Fig. 140 S. 466 zeigt eine bewegliche Veranstaltung zur Benutzung desselben in verschiedenen Höhen.

g und *gd* sind zwei gespannte Drahtseile, an denen Arme eines Apparates beweglich sind und gestatten, denselben höher und niedriger zu stellen. Die Figur giebt die äußere Form durch die bloße Anschauung; es ist ein mehrere Fuß langes Brett *ggd*, dessen oberer Theil eine Laterne *ed* trägt, auf deren Dach eine klafterlange Stange *b* steht, welche eine zweite Laterne *a* trägt. Ein schräg gespanntes Seil *f* umfaßt mit seinen Windungen die Leitungsdrähte, welche sich von dem Dache der unteren Laterne aus theilen, um die beiden Lichtpunkte durch den elektrischen Strom zu nähren. Der Lichteffect ist bei *a* und *e* angedeutet, so weit es auf Papier möglich ist. Der Apparat hat die Bequemlichkeit, höher oder niedriger gestellt werden zu können und eines Thurmes nicht zu bedürfen, der bei der Lampenbeleuchtung wegen der Größe des Leuchtapparates, des parabolischen Spiegels, des Uhrwerks, das zur Bewegung gehört, durchaus erforderlich ist. Allein es tritt der praktischen Anwendung doch sehr Vieles hindernd in den Weg. Der Strom einer selbst der sogenannten constanten Batterien ist keineswegs von gleich bleibender Stärke, wenn er auch für die meisten Operationen so erscheint; beim elektrischen Lichte zeigt er sich schwankend, er verliert nach und nach von seiner Intensität.

Man hat sogenannte Rheostaten, welche die Stromstärke dadurch reguliren, daß man von Anfang an einen langen metallischen Leiter in den Weg des elektrischen Stromes einschaltet, welchen Leiter man mit dem Schwächerwerden des Stromes immer mehr verkürzt, wodurch man denselben in immer gleicher Stärke erhalten kann; dieses genügt allerdings für galvanoplastische Unternehmungen, keineswegs aber zur Erhaltung einer stets gleichen Lichtstärke.

Die Kohlenspitzen nutzen sich während des Glühens ab. Man hat

Fig. 140.



geglaubt, dieses dadurch zu beseitigen, daß man den Sauerstoff ausschließt, wodurch das eigentliche Verbrennen aufhört, welches doch nur in einer sauerstoffhaltigen Luft möglich ist, allein der luftleere Raum oder die Erfüllung desselben mit Stickgas — der Lichterscheinung nicht nachtheilig, da die ungeheure Hitze, welche das Glühen bewirkt, eine besondere Quelle hat — beseitigen das Verzehren der Kohle nicht vollständig, indem der elektrische

Strom Theile der Kohle von einer Elektrode auf die andere führt, wodurch eine Veränderung der Entfernung beider Kohlenstücke und hiermit eine Ungleichheit in der Lichterscheinung hervorgebracht wird.

Um auch hiervon die Ursache, d. h. die vermehrte Entfernung der Kohlenstücke zu beseitigen, hat man sogenannte Regulatoren erdacht, bei denen ein Uhrwerk die Metallstange, an deren Ende die Kohlenpyramide befestigt ist, durch eine Mikrometerschraube bewegt und die Stücken Kohle, nachdem einmal der Lichtbogen entstanden und die zu seiner Existenz nöthige Entfernung gewonnen ist, in dieser Entfernung halten solle, d. h. wie die Kohlenstücke kürzer werden, sie näher an einander schieben; allein auch dieses genügt nicht und hindert eben so wenig einen nicht unbedeutenden Wechsel in der Lichtstärke, ja ein momentanes Aufhören, was denn besonders bei Leuchtthürmen sehr gefährlich sein kann.

Hierzu gesellen sich die großen Kosten der Batterie, die Ungewißheit stets gleich gute Materialien zu bekommen, welches denn wieder bei der Handhabung derselben eine Geschicklichkeit und technische Gewandtheit fordert, welche Leute der Art, wie man sie zu Bedienung der Leuchtthürme verwendet, nicht zu haben pflegen.

Den Kostenpunkt könnte man nach den neuesten Angaben der englischen wissenschaftlichen Zeitschriften wohl als beseitigt ansehen, indem zwei Techniker, Roberts und Watson, Zusammenstellungen ersonnen haben, welche so werthvolle Nebenprodukte liefern, daß der Verkauf derselben die Anschaffung der verbrauchten Materialien deckt. Roberts' Batterie besteht nicht aus Zink, sondern aus Zinn und Platin. Das Zinn befindet sich als gerade Platte von 6 Zoll Höhe und 4 Zoll Breite, von beiden Seiten vom Platinmetall umgeben. Das Paar hängt in einem Trog von 2 Fuß Höhe ganz oben und die erregende Flüssigkeit ist verdünnte Salpetersäure. Das Platin wird natürlich nicht angegriffen, das Zinn bildet aber mit der Salpetersäure Zinnoxydhydrat, welcher zu Boden sinkt (deshalb die große Tiefe des Porzellangehäuses) und später nur mit Aetznatron aufgelöst zu werden braucht, um zinnsaures Natron zu geben, welches in Zeugdruckereien in großer Menge gebraucht wird und darum die Kosten der Erhaltung der Batterie vollkommen deckt.

Watson bediente sich einer Batterie aus Zink und Eisen. Das Letztere stand in verdünnter Schwefelsäure (sonst stellt man es in concentrirte Schwefelsäure mit Vitriolöl versetzt), der er eisenblausaures Kali zusetzte, wodurch er als Nebenprodukt von großem Werthe Berlinerblau erhielt, welches gleichfalls die Kosten des Verbrauchs von Material aufwog.

Besteht die Batterie aus Platin und Zink, so setzt man der Salpeter-

schwefelsäure noch chromsaures Kali zu und erhält als Nebenprodukt vortreffliches Chromgelb und beim Zusatz von Kalk eine brillante rothe Farbe.

Alle diese Produkte, wenn sie ausgewaschen und getrocknet sind, haben einen so bedeutenden Preis, daß die Kosten der Batterie gedeckt sind; es wäre also dieser Punkt als beseitigt zu betrachten, allein die andern vorhin angeführten sind es damit keineswegs und so wäre vorläufig das elektrische Licht im Allgemeinen noch nicht als etwas praktisch Ausführbares zu betrachten.

Ueber die Stärke des Lichtes läßt sich noch mittheilen, was einige der bedeutendsten Notabilitäten darüber erforscht haben.

Mit 46 Bunsen'schen Elementen, deren Kohlen etwa 2 Zoll Durchmesser haben und 4 Zoll tief in die Säure eintauchen, läßt sich eine Lichtstärke erreichen, welche ungefähr ein Viertheil der Stärke des Sonnenlichtes hat. Ist die Oberfläche der Kohlencylinder dreimal so groß, so steigt zwar die Intensität des Lichtes auf nahezu $^2/_5$, allein doch keineswegs auf die Höhe von $^3/_4$, wie sie nach dem ersten Versuche eigentlich sollte. Die Herren Fizeau und Foucault haben auch bei diesen Angaben den gewöhnlichen Fehler gemacht, die Data nicht anzugeben, nicht zu sagen, in welcher Entfernung sie die Lichtstärke der glühenden Kohle mit dem Sonnenlichte verglichen haben. Steht nämlich der Schatten gebende Körper von dem Lichtpunkte 10 Fuß ab, so wird das Verhältniß ein viermal günstigeres als wenn er 20 Fuß absteht, ein neunmal günstigeres als wenn er 30 Fuß absteht.

Bunsen ging genauer und wissenschaftlicher zu Werke, bei ihm sind alle Bedingungen festgestellt und die Resultate sind, daß er mit 48 seiner Elemente einen Strom erhielt, welcher der vereinigten Kraft von 572 Stearinkerzen oder 63 Argand'schen Gasbrennern gleich kam. Mit 200 solchen Elementen erhielt man ein Licht, das 2025 Stearinkerzen gleich war und bei welchem man auf die Entfernung von 500 Fuß mäßig kleine Schrift deutlich lesen konnte.

Verwandlung der Kohle in Diamant.

Humphry Davy, zu dessen Gebote die Mittel einer sehr reichen Gesellschaft standen (Royal institution, eine Vereinigung von die Naturwissenschaften befördernden Männern, welche sich sonderbarer Weise die königliche Stiftung nennen, da sie von dem königlichen Hause doch durchaus nichts haben. Titelsucht in einem Lande wie Brittanien ist sehr wunderbar. Die durch Congreve gestiftete Gasbeleuchtungs-Gesellschaft nannte sich die

kaiserliche. In Amerika ist allerdings die Titelsucht noch ärger, dort ist jeder Viehtreiber Major!), operirte viel mit seiner großen Batterie und kam auf die Entdeckung, daß die Kohle sich schmelzen lasse, er hatte Diamanten gemacht! zwar waren sie vorläufig noch schwarz, allein sie hatten doch das specifische Gewicht und die Härte des Diamanten, sie ritzten Glas.

In dem mächtigen galvanischen Strom hatten sich an den glühenden Kohlenspitzen schwarze, glänzende Punkte angesetzt, welche die angegebenen Eigenschaften hatten und wirkliche Schmelzprodukte schienen. Die Sache wäre auch an sich sehr wohl möglich gewesen, denn der Diamant ist bekanntlich reiner Kohlenstoff und er verbrennt im Sauerstoff vollständig unter Bildung von Kohlensäure, warum hätte in einer so enormen Temperatur, wie der galvanische Strom sie giebt, die Kohle, welche man in ihrer möglichst reinsten Gestalt als Graphit oder Coaks in Anwendung brachte, nicht auch schmelzen sollen?

Es muß denn doch noch eine Bedingung gefehlt haben, vielleicht war die Anwesenheit des Sauerstoffes oder im luftleeren Raum der geringe Druck daran Schuld, vielleicht wäre das Schmelzen in einem ganz engen, ungeheuren Widerstand leistenden Raume gelungen; das was Humphry Davy für geschmolzene Kohle hielt, war es nicht, sondern geschmolzene Asche und die Erfindung, Diamanten künstlich darzustellen, ist demnach noch zu machen, wartet noch des glücklichen Erfinders.

Chemische Wirkungen des Voltaismus.

Sobald wir erfahren, daß der elektrische Strom der Volta'schen Säule eine Temperaturerhöhung mit sich führt, welche im Stande ist, die schwerst schmelzbaren Körper zu überwinden, ja die bis dahin für unschmelzbar gehaltenen Substanzen in Fluß zu bringen, zu verdampfen, so sehen wir schon hier einen Anfang zu chemischen Wirkungen und werden uns also nicht wundern, dieselben nach verschiedenen Richtungen hin auf das Kräftigste auftreten zu sehen.

Schon in der Batterie selbst zeigen sich chemische Vorgänge durchgreifender Art, die Batterie ist nicht wirksam, wenn sich in derselben nicht Gasentwickelungen, Oxydationen der Metalle, Auflösungen der Oxyde in den Säuren zu Salzen, Niederschläge &c. bilden und viele der im Verlauf dieser Blätter angeführten Elemente werden benutzt, um solche Salze zu gewinnen oder aus Metallsalzen Niederschläge zu erhalten.

Es war daher von da ab, wo die Säule als solche durch Volta erbaut wurde, schon das Bestreben der Chemiker und Physiker, diese Kraft

für sich nutzbar auszubeuten und seitdem man so bequeme Apparate, wie die neben einander in Flüssigkeiten hängenden (Trogapparate) erfunden hatte, folgte in großer Schnelligkeit besonders durch Davy eine Entdeckung auf die andere, welche mit seiner größten Entdeckung, mit Faraday schloß.*)

Dieser ausgezeichnete Gelehrte hatte sich ursprünglich einem ganz anderen Stande gewidmet, hörte aber die populairen Vorlesungen, welche Davy in der Royal institution hielt und richtete dabei so ungewöhnlich scharfsinnige Fragen an ihn, daß dieser auf den jungen Mann aufmerksam wurde, ihn näher kennen zu lernen suchte und als er ein lebhaftes Interesse für die Naturwissenschaften in ihm entdeckte, ihn bewog sich ganz demselben zuzuwenden. Davy nahm ihn nun nach der alten handwerksmäßigen Sitte in die Lehre und bald übertraf der Schüler den Meister, so daß mit dem Auftreten Faraday's der Ruhm Davy's, welcher bis dahin als Stern erster Größe geglänzt hatte, allmählig erlosch.

Auch in der chemischen Elektricitätslehre hat er Außerordentliches geleistet und da er nöthig gefunden, eine eigene bis zu seinen speciellen Forschungen unbekannte Nomenclatur einzuführen, so wollen wir Einiges aus derselben, was zur Verständigung unerläßlich, hier mittheilen.

Es sind vor allem Anderen sieben Ausdrücke, welche man sich merken muß. Die zu zersetzenden Körper heißen Elektrolythen; die Leiter des elektrischen Stromes zusammen heißen Elektroden, diese werden in die negative und die positive getrennt; die negative Elektrode heißt Kathode und die positive heißt Anode. Die elektrisirten Körper (Elektrolythen) sollen zerlegt werden und ihre Theile heißen Jonen, ein einzelner Theil ein Jon. Dasjenige Jon, welches nach der Zerlegung des Körpers an den negativen Pol geht, heißt Kathion, das an den positiven gehende Anion.

In dieser letzten Bezeichnung liegt eine Inconsequenz, derjenige Körperantheil, welcher an den positiven Pol (Anode) geht, ist negativ, er müßte deshalb Kathion heißen, so wie derjenige, der an den negativen Pol (Kathode) geht, der positive ist, also Anion heißen müßte, doch darf man an dergleichen Bezeichnungen, wie sie sich einmal eingebürgert haben, nicht rütteln, sonst giebt das eine solche babylonische Sprachverwirrung, wie sie in den zwanziger Jahren auf kurze Zeit durch diejenigen herbeigeführt wurde, welche den Theil der Magnetnadel, der nach Norden zeigt, den Südpol und umgekehrt nennen wollten und ganze Bücher schrieben, wo die Bezeichnung des Nord- und Südmagnetismus auf solche Weise verkehrt war.

---

*) Man sagt in England scherzweise: Humphry Davy's größte Entdeckung sei Faraday gewesen und man hat in mancher Beziehung Recht.

Allerdings richtig, aber doch höchst unbequem, da es gegen den ganz allgemein eingeführten Sprachgebrauch verstieß.

Die Untersuchungen über diesen Gegenstand sind sehr schwierig, haben aber die Veranlassung zur Aufstellung eines ganz neuen Systems der Chemie, nämlich der Elektrochemie durch Davy gegeben, welches nach langem Sträuben doch endlich selbst von Berzelius angenommen, ja von ihm selbst weiter ausgebildet worden ist.

Führt man die Elektroden (welche von Platin oder von Gold sein müssen) in ein Schälchen mit Wasser, so sieht man (vorausgesetzt daß die Säule stark sei) sogleich beide sich mit Bläschen bedecken, welche nach und nach von denselben aufsteigen. Man kann dieselben auffangen und wird, wenn man etwa einen Fingerhut voll davon hat und diesen unter Wasser anzündet, bemerken, daß er gänzlich verschwindet nach der kleinen Explosion (die übrigens bei größeren Mengen furchtbar werden kann) und daß nicht eine Spur von Gas übrig bleibt. Dies allein ist ein Beweis, daß man mit reinem Sauerstoff und reinem Wasserstoff, den Bestandtheilen des Wassers zu thun hatte, allein man kann das auch noch auf andere Weise prüfen, wenn man die Gasarten, die von den Elektroden aufstiegen, gesondert auffängt. Da ist denn an der Anode das Anion Sauerstoff und an der Kathode das Kathion Wasserstoff zu finden.

Fig. 141.



Um die Wasserzersetzung behufs der Gewinnung von Knallgas lebhaft und bequem zu machen, hat man nebenstehenden Apparat erdacht, welcher von einer ganz ungemeinen Wirkung ist. Das Aeußere des Apparates ist eine mäßig große Flasche mit ziemlich breitem Halse, so daß die Oeffnung 1½ bis 2 Zoll hat. In diesem Falle ist die Flasche, wie wir sehen, nicht viel weiter als ihre Mündung und ihre Höhe beträgt etwas mehr als das Doppelte ihres Durchmessers.

Der Kork, welcher die Flasche verschließen soll, muß sehr gut, von sehr reinem und dichtem Material, muß in Wachs gekocht und von diesem leicht überzogen sein, nächstdem aber sehr genau in die Oeffnung passen und sie luftdicht schließen.

Der Kork ist an drei Stellen durchbohrt, in der Mitte am weitesten, um eine Röhre, welche die Zeichnung S förmig gebogen angiebt, aufzunehmen; auch diese Röhre muß durch Wachs in dem Kork luftdicht befestigt werden. Neben derselben sieht man zwei Stifte stehen, es sind die Drahtenden der

beiden Platinatafeln, welche im Innern der Flasche so nahe wie möglich einander gegenüber stehen, jedoch ohne sich zu berühren.

Die Flasche wird nun bis an den Hals mit Wasser (ein wenig gesäuert, um besser leitend zu sein) angefüllt, der eingesetzte Kork drückt viel davon an den Seiten heraus, dann verschließt er selbst dem Wasser den Weg und würde nun nicht tiefer eingedrückt werden können, was doch des luftdichten Verschlusses wegen nöthig ist; da hilft denn die Röhre aus, sie füllt sich mit Wasser und es kann, wenn es nöthig sein sollte, noch genug aus ihrer Mündung ausfließen.

Die oben zum Kork herausragenden beiden Metallstifte werden mit den Elektroden verbunden und werden dadurch selbst zu Elektroden, zu einer Anode und Kathode, an denen sich die beiden Bestandtheile des Wassers, Sauerstoff und Wasserstoff, ausscheiden.

Ist die Säule stark und großplattig, so ist die Menge des hier entbundenen Gases ganz außerordentlich. Es quellen zwischen den Platinblättern ganze Ströme von Sauerstoff und Wasserstoffgas hervor, welche zuerst das Wasser aus der Röhre vertreiben und dann einen so constanten Strom von Knallgas erzeugen, daß man damit unter der nöthigen Vorsicht ein Knallgasgebläse erhalten kann, in welchem die Spitze eines Kreide- oder Marmorkegels zum lebhaftesten Glühen kommt.

Die vollständige Füllung des Glasgefäßes und der Röhre mit Wasser ist nöthig, wenn man die erhaltene Menge des gemischten Gases bestimmen will; zum praktischen Gebrauch ist es nicht nur nicht nöthig, sondern sogar besser, wenn man das Gefäß nur so weit mit Wasser füllt als die Platinplatten reichen, man hat dann in dem oberen Raum der Flasche einen Behälter für die entwickelten Gase, in welchem sie sich auf einen gewissen Grad comprimiren können, um so heftiger aus der kleinen Oeffnung auszuströmen, welche man ihnen läßt, wenn sie die Knallgasflamme bilden sollen.

Ein sehr schöne Vorrichtung, welche jede Gefahr beseitigt, ist leicht angebracht. Ueber die aufsteigende Röhre setzt man eine Glasflasche mit Kies gefüllt, durch welche das Knallgas strömen muß, bevor es zu dem Austritts- und Brennrohr gelangt, natürlich ist der Boden der Flasche durchbohrt, um die Glasröhre aufzunehmen. Sollte nun das aus der oberen Oeffnung der Flasche ausströmende Gas wirklich rückschlagend Feuer fangen, so fände es doch nichts Gefährliches vor, denn an dem Kies, durch welchen das Gas strömen muß, kühlt sich die rückschlagende Flamme des Knallgases so vollständig ab, daß sie nicht bis zu der Entwickelungsflasche gelangen kann.

Einer der schönsten Apparate zu diesem Behufe wird durch den Mecha-

nikus **Kleiner** in Berlin in großer Vollkommenheit verfertigt. Derselbe besteht aus zwei starken cylindrischen Gläsern *f* und *g* von gleichem Durchmesser und einem cylindrischen Stücke von einem ähnlichen Glase *h* abgeschnitten, welches keinen Boden hat. Dies Letztere wäre nicht eigentlich nöthig, allein es dient zur Vervollständigung des Instruments und um es zu anderen als den bloßen Wasserzersetzungsversuchen zu brauchen.

Fig. 142.



Die vier Ränder der drei Gläser müssen auf das Sorgfältigste eben abgeschliffen sein. Zwischen *g* und *h* so wie zwischen *h* und *f* bringt man die Platten *l* und *k* von weißem unglasirten Pfeifenthon, welche gleichfalls ganz eben abgeschliffen sind, so daß, wenn man diese fünf Stücke auf einander legt, wie Fig. 142 zeigt, nirgend Luft oder Wasser hindurch kann. *abcd* ist ein Holzgestell, durch dessen Seitenstücke *ab* und *dc* (eingelassen in das Brett *bc*) Schrauben *s* und *r* gehen, mittelst deren man im Stande ist, die Gläser und Thonplatten an einander zu drücken.

Ein Jeder sieht ein, daß dieses eine sehr schlechte Art der Befestigung wäre, sie ist daher auch von **Kleiner** keineswegs gewählt worden, sondern hier lediglich der leichteren Zeichnung wegen angegeben. **Kleiner** drückt an die beiden Enden des Apparats bei *a* und *d* Holzstücke, ungefähr wie die hier angegebenen, mittelst dreier Messingstücke, welche in einem gleichseitigen Dreieck den Glascylinder umgeben und durch Schraubenmuttern an jedem Ende befestigt werden. Hier kann man einen ganz gleichmäßigen Druck ausüben und die Glascylinder, welche theilweise auf den Messingstangen ruhen, können nicht auseinander fallen.

Oben in die Glascylinder sind Löcher *mo* gebohrt, groß genug, um Glasröhren *mn* und *op*, Sförmig gebogen, dahinein zu setzen; das mittelste Stück hat bei *t* gleichfalls eine Oeffnung, doch dient diese nur zur Füllung des Cylinders, während die Oeffnungen in den beiden Gläsern außer **diesem** Zwecke auch noch den haben, durch die Röhren die entwickelten Gasblasen hinweg zu führen.

So weit handelt es sich um die Gefäße; nun müssen wir noch die

Elektroden haben und zwar müssen diese aus Platina bestehen. Man schneidet aus Platinblech zwei Scheiben so groß, wie es die Mittel erlauben und wie *x* und *z* zeigen. Diese müssen an den Drähten *f* und *g* (gleichfalls von Platin) festgeschraubt sein, sie gehen durch Löcher, welche in die Mitte der beiden Boden der Gläser gebohrt sind, luftdicht hindurch und sind alsdann entweder an den Schrauben *r* und *s* angelöthet oder sonst wie in dem Holze der Ständer so befestigt, daß man an ihnen bequem die Zuleitungsdrähte der Volta'schen Säule anbringen kann. Doch dürfen sie begreiflicher Weise mit keinem der drei Messingstäbe (die in der Zeichnung nicht angegeben sind), welche zur Verbindung der Gläser dienen, in Berührung kommen.

So wäre das Instrument zum Versuche fertig und werden nun durch die Oeffnungen alle drei Gefäße mit Wasser gefüllt, in *g* und *f* die Röhren eingesetzt und über diese bei *n* und *p* mit Wasser angefüllte Cylinder gesetzt, in welche die sich entwickelnden Gasarten steigen können.

Ist die Batterie stark und zahlreich geschichtet, so wird sich alsbald von den Elektroden Gas in beträchtlicher Menge erheben und von der Anode wird Sauerstoff, von der Kathode Wasserstoff durch die Röhre hinaussteigen.

Ist die Säule schwach, so wird bei reinem Wasser die Gasentwickelung sehr geringfügig sein und man wird, um sie stärker zu machen, das Wasser durch ein wenig Schwefelsäure besser leitend machen müssen, wo denn sogleich die Gasblasen in sehr viel größerer Menge aufsteigen werden.

Um nunmehr auf den mittelsten Cylinder zu kommen, welcher, wie wir bereits gesagt, zu dem Apparate der Wasserzersetzung nicht unumgänglich nöthig ist, so muß dasselbe doch als eine sehr willkommene Zugabe zu einem anderen Zwecke betrachtet werden. Wenn man nämlich die beiden äußeren Gefäße, in denen die Elektroden befindlich sind, auf die gewöhnliche Weise mit Wasser füllt, das mittelste aber nach und nach mit einer beliebigen Reihe verschiedener Flüssigkeiten versieht, so hat man in diesem Gefäße einen stets gleich bleibenden geschlossenen Raum, um die Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten zu prüfen, welche sich aus der größeren oder geringeren Gasentwickelung ergiebt. Hat man in dem mittelsten Raum Wasser und wurde dabei in einer Minute ein Kubikzoll Gas entwickelt, dann aber, wenn dieses Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt wird, in 10 Secunden 10 Kubikzoll gewonnen, so wird man mit Recht sagen können, daß die Säure 60 Mal besser leitet als das Wasser.

Werden die Elektroden nicht von Platin oder Gold gemacht, so entwickelt sich in reinem Wasser an der einen zwar Wasserstoff in Blasenform, an der andern geht jedoch der entstehende Sauerstoff im Augenblicke

der Entstehung eine Verbindung mit dem Metalle zu einer Oxydationsstufe desselben ein. War das Wasser angesäuert, so entsteht auch an der Kathode eine Oxydation und die Versuche können zu keinem Resultat führen.

Zersetzung verschiedener Körper.

Wir sehen an diesem ersten Beispiele der Wasserzersetzung durch den elektrischen Strom bereits, was bei allen Elektrolyten nöthig sein wird, daß der elektrische Strom durch sie hindurch gehe und daß die Kette geschlossen sei. Befindet sich der Körper in diesem Falle, so beginnt seine Zerlegung in die Elemente in dem Augenblicke des Schlusses; allein freilich müssen die zu zersetzenden Substanzen Leiter der Elektricität und ihre Theile müssen in einem solchen Zustande sein, daß sie der Bewegung durch die Elektricität folgen können, d. h. sie müssen flüssig sein, also ein Isolator und ein fester Körper. Glas, Harz oder ein Leiter, aber gleichfalls ein fester Körper, werden nicht zersetzt.

Die Stromstärke, welche erfordert wird um die zersetzbaren Körper in ihre Bestandtheile zu trennen, ist sehr verschieden. Leicht oder locker verbundene Körper sind auch leicht wieder in ihre Elemente zerlegt. Um Jodkalium zu zersetzen, bedarf man eines nur sehr schwachen Stromes, zur Zersetzung von Wasser eines viel stärkeren und die Alkalien in ihre Bestandtheile zu zerlegen (das Metalloid und den Sauerstoff), bedarf es schon einer sehr mächtigen Batterie, unter allen Umständen aber geht die Zersetzung um so besser von statten, je stärker der elektrische Strom ist und besser der zu zersetzende Körper leitet.

Jeder Körper, auch der beste Leiter stellt dem Durchgange der Elektricität Schwierigkeit entgegen (Leitungswiderstand), je besser der Leiter ist, desto geringer ist dieser Widerstand; der Widerstand nun muß durch eine steigende Anzahl von Gliedern der galvanischen Batterie überwunden werden. Gesäuertes Wasser leitet ziemlich gut, es kann schon von vier elektrischen Gliedern zersetzt werden; reines Wasser leitet unter den zu den Leitern gezählten Flüssigkeiten beinahe am schlechtesten, um seinen Leitungswiderstand bis zum Zersetzen desselben zu überwinden, braucht man eine Batterie von 40 Plattenpaaren.

Hier ist es nun vorzüglich, wo die von Ohm aufgestellte Regel ihre vollste Anwendung findet, wo man lernen kann, in welchem Falle es besser ist, viele Plattenpaare, in welchem es besser ist, große Plattenpaare anzuwenden.

Der Widerstand in einer galvanischen Batterie, von welcher Zusammen-

stellung sie auch sein möge, zerfällt in zwei Hauptabtheilungen: in den Widerstand **innerhalb der Kette** und in den Widerstand im **Leitungs-** oder **Schließungsbogen**, welcher die beiden Pole der Säule verbindet.

Den Widerstand im Innern der Batterie kann man auf zweierlei Art vermindern; erstens indem man die Plattenpaare und also auch die Flächen der leitenden Flüssigkeiten, welche mit ihnen in Verbindung stehen, groß und größer macht; zweitens indem man die erregenden Flüssigkeiten aus den möglichst besten Leitern wählt, also nicht reines Wasser, sondern Auflösungen von Alkalien und Salzen oder verdünnte Säuren oder gar concentrirte Säuren braucht, um eine Batterie in Thätigkeit zu setzen.

Es kommt nunmehr auf den **gegebenen** Widerstand in dem Schließungsbogen an, den man in der Regel doch nicht verändern kann — es soll der menschliche Körper durchströmt werden — derselbe kann nicht durch ein Stück Draht ersetzt werden, sonst macht man ja nicht das vorgehabte Experiment. Es soll von Paris nach Berlin telegraphirt werden, dazu braucht man 150 Meilen Leitungsdraht und eben so lange Strecken feuchter Erde; man kann dies nun einmal nicht ändern, mit 20 Meilen Draht würde man allerdings weniger Leitungswiderstand haben, allein damit könnte man auch nicht von Wien nach Paris, sondern nur nach Gräz telegraphiren.

Diesen Widerstand zu überwinden thut noth; was ist dabei das Zweckmäßigste? Das **Ohm**'sche Gesetz beantwortet diese Frage. Je größer der Widerstand im Schließungsbogen ist, desto zahlreicher muß die Batterie an Elementen sein; um den Telegraphen auf 40 Meilen in Thätigkeit zu setzen, braucht man 50 **Daniell**'sche Elemente, um den menschlichen Körper heftig zu erschüttern, braucht man 100 Elemente. (Natürlich ist dies Letztere höchst verschieden nach der Empfindlichkeit des Nervensystems und der Dicke der Haut in den Handflächen. Ein Holzhauer, ein Schmiedegeselle wird allein des letztgenannten Grundes wegen viel geringere Erschütterungen von derselben Säule bekommen als ein Schneidergeselle, dagegen dieser wieder viel geringere als ein hektischer Weber. Das erste Paar unterschied sich durch das Fell auf den Handflächen, das andere durch die Reizbarkeit des Nervensystems. Zwei Damen aus gleichen Schichten der Gesellschaft und von gleich zarten Händen werden doch die elektrischen Wirkungen der Säule äußerst verschieden empfinden, wovon der Verfasser sehr häufig Zeuge war, die eine schrie vor Entsetzen auf, die andere lachte über die Empfindlichkeit; die eine fiel in Ohnmacht, die andere sagte: das ist eine wundervolle Empfindung.)

Hat man also großen Widerstand im Schließungsbogen zu überwinden, so kommt es sehr auf die Anzahl der Glieder, auf die polare Spannung

an. Ist der Widerstand im Leiter sehr gering, ist der Schließungsbogen von Metall und ist er zugleich kurz, so ist wenig oder nichts zu überwinden und man kommt mit einem oder ein paar Elementen aus, dann ist die Flächenausdehnung der Plattenpaare so wichtig, wie sie in dem vorigen Falle unwesentlich war. Will man also einen Draht von 1 Zoll Länge erglühen lassen, so braucht man ein Plattenpaar von 1 Quadratfuß Oberfläche, will man physiologische Wirkungen in höchster Potenz erzielen, so zerschneidet man den einen Quadratfuß in 144 Quadratzoll und hat jetzt eine Wirkung, welche man mit 100 Plattenpaaren von 1 Quadratfuß nicht erreichen und mit 144 solcher nicht überbieten würde.

Kehren wir zurück zur Zersetzung der Körper durch den elektrischen Strom, so bemerken wir, daß sich bei allen derartigen Zerlegungen die Elemente der zersetzten Körper an den Flächen der Metalle, die als Elektroden angewandt werden, ausscheiden. Bleiben wir bei dem Wasser stehen, so sehen wir, daß die Blasen von Wasserstoff und von Sauerstoff, welche aus dem Wasser herkommen, sich nur an den Platinblechen zeigen, in welche die Elektroden auslaufen, nur an diesen, nirgends anders, nicht zwischen ihnen, sondern an den einander zugekehrten Flächen der Bleche entstehen sie und erheben sich, je nach der Stärke der Batterie in mehr oder minder reißender Schnelligkeit, um stets neu entstehenden Blasen Platz zu machen; so sammeln sich an den plus oder positiven Poldrähten Sauerstoff, Chlor, Jod und die Säuren, dagegen an dem minus oder negativen Drahte die meisten brennbaren Körper, die Salzblasen und der Wasserstoff.

Man hat diese Wirkung einer besonderen anziehenden und abstoßenden Kraft gegen die Bestandtheile der zu zersetzenden Körper zugeschrieben, welche von den Polen der Säule an die Fortleiter der Elektricität und von diesen an die Flüssigkeit überginge, wodurch denn die Flüssigkeit zersetzt würde; allein diese etwas schwerfällige Faraday'sche Ansicht ist in Deutschland durch Fechner's viel einfachere und keine neue geheimnißvolle Thätigkeit einführende Erklärungsart beseitigt worden.

$$\begin{pmatrix} b & a \\ + & - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c & d \\ - & + \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f & e \\ + & - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g & h \\ - & + \end{pmatrix}$$

Stellen wir uns unter ab, cd, ef, gh u. s. w. die kleinsten Theilchen der zu zersetzenden Flüssigkeiten vor und stellen wir uns vor, sie seien in sich indifferent elektrisch, d. h. so daß jedes einzelne Theilchen sein — + habe, so liegen sie wie begreiflich beliebig durch einander, denn es ist noch keine Polarität vorhanden, welche bestimmen könnte, sich so oder anders zu stellen.

Nun aber werden sie in einen Schließungsbogen eines elektrischen

Paares eingeschaltet, so daß der + Pol links, der — Pol rechts steht, so wird vermöge der natürlichen Anziehung zwischen + und — sich die Reihe sofort so gestalten:

$$+ \text{Pol} \begin{pmatrix} a & b \\ - & + \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c & d \\ - & + \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e & f \\ - & + \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g & h \\ - & + \end{pmatrix} - \text{Pol.}$$

Es wird eine Ordnung, eine Reihenfolge eintreten. Aber der + Pol zieht nicht nur das — a in seine Nähe, sondern er verbindet sich auch damit; ist es ein Atom Sauerstoff, so hängt es sich an die positive Elektrode (+ Pol) und das Theilchen b, der Wasserstoff, ist nunmehr frei. Dieselbe Operation der Scheidung und Verbindung findet aber mit dem nächsten Theile cd statt, bis in demselben Augenblicke am — Pol des letzten h der positive Antheil von gh frei wird.

Da aber a und h nunmehr in der Reihe fehlen, ein freies + aber so wenig als ein freies — bestehen kann, sobald die Möglichkeit, sich mit dem verwandten — oder + zu sättigen, gegeben ist, so wird alsbald nach der Zersetzung des ersten Antheils eine neue Ordnung eintreten. Es wird + b sich mit — c verbinden u. s. w. Die Reihe wird also aussehen:

$$\begin{pmatrix} b & c \\ + & - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d & e \\ + & - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f & g \\ + & - \end{pmatrix}$$

Durch die Wirkung des elektrischen Stromes werden jedoch abermals die verwandten Stoffe an die verwandten Pole gehen und zwischen diesen gestaltet sich also die Sache folgendermaßen:

$$+ \text{Pol} \begin{pmatrix} c & b \\ - & + \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e & d \\ - & + \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g & f \\ - & + \end{pmatrix} - \text{Pol}$$

und abermals verschwindet ein — an den + Pol und ein + an den — Pol und es bleibt nun übrig ein freies + an dem einen und ein freies — an dem andern Ende, es gilt hierfür genau das vorhin Gesagte, daß die freien $\pm$ E sich mit den ihnen nächstgelegenen $\mp$ E ausgleichen werden. Dadurch aber kommt die Sache wieder anders zu stehen. c und f sind verschwunden und es ordnen sich die andern wie folgt:

$$\begin{pmatrix} b & e \\ + & - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d & g \\ + & - \end{pmatrix}$$

Durch die Einwirkung der Säule aber wird die Ordnung abermals geändert, denn der mächtige, überwiegende + Pol zieht das — e zu sich wie der eben so starke — Pol das + d und wir erhalten nun das Schema:

$$+ \text{Pol} \begin{pmatrix} e & b \\ - & + \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g & d \\ - & + \end{pmatrix} - \text{Pol.}$$

Dadurch wird die Verbindung des — e mit dem + Pol und das + d mit dem — Pol ermöglicht, es bleibt mithin als letztes Paar

$\begin{pmatrix} b & g \\ + & - \end{pmatrix}$ übrig, auch dieses wird umgekehrt und von den Polen der Säulen aufgenommen und somit ist der ganze Elektrolyt zersetzt.

Es versteht sich wohl von selbst, daß die Reihe von kleinsten Theilchen hätte sehr lang gemacht werden können, darauf kam es hier indessen nicht an, sondern lediglich darauf, zu zeigen, in welcher Art man es sich zu denken habe, daß die beiden Bestandtheile eines Körpers sich nicht bei einander liegend trennen und an *demselben* Punkte zum Vorschein kommen, denn unzweifelhaft liegt es dem befangenen Auge nahe zu sagen: wenn hier ein Atom Wasser zersetzt wird, so muß sein Antheil Sauerstoff sich *neben seinem Antheil Wasserstoff* zeigen, es müßte also an dem nämlichen Pol ein Strom von Knallgas auftreten. Durch die obige bildliche Darstellung (welche keine mathematische Formel ist, vor welcher also der nicht mit der Mathematik vertraute Leser nicht erschrecken möge) ergiebt sich einfach und klar, warum nicht die positiven und die negativen Körperantheile an einem und dem andern Pole erscheinen, warum nicht das von seinem Antheil Wasserstoff getrennte Sauerstofftheilchen neben dem ersteren als Bläschen in die Luft steigt, sondern erst am andern Pole; es geht ein Austausch von + und — durch die ganze Kette von zwischenliegenden Gliedern vor sich.

Eben hieraus aber ersieht man auch, warum die Zersetzung um so rascher vor sich geht, je kleiner die Entfernung der Elektrodenenden, der Kathode und der Anode von einander sind, es ist weniger Raum zu durchlaufen, durch den elektrischen Strom weniger Schwierigkeit zu überwinden; warum ferner die Zersetzungstheile viel reichlicher gewonnen werden, wenn die Elektroden groß sind, es kann die Zersetzung an viel mehreren Punkten stattfinden.

Der elektrische Strom wird immer gleichzeitig von beiden Polen aus eingeleitet und unterhalten, da in der Säule selbst ganz ähnliche Zersetzungen stattfinden, so sind die Elektroden gewissermaßen als die Strommündungen der + und der — E anzusehen und nach dem Gesetze der elektrischen Anziehung gehen die + oder — Theile des zersetzbaren Körpers durch die ganze Masse desselben an einander vorüber zu den Austauschstellen. Es wird also die fortdauernde elektrische Strömung durch die Zersetzung und Ueberführung vermittelt und diese selbst (die Zersetzung) geht ursprünglich aus der Berührung zwischen den Elektroden und Elektrolyten hervor. Der Erfolg ist derselbe als ob die zersetzbaren Körper bloß Leiter wären, wie wir indessen aus den angeführten Beispielen gesehen haben, so sind es nicht die Elektricitäten der Säule, welche fortgeführt werden, sondern die ver-

schiedenen positiven und negativen Elektricitätsantheile der zersetzbaren Körperantheile, welche sich durch Austausch hinüber und herüber spielen.

Bei der näheren Untersuchung dieses Gegenstandes hat sich ergeben, daß nicht alle chemisch zusammengesetzten Körper durch den elektrischen Strom unmittelbar zersetzt werden, sondern nur solche, bei denen ein Antheil einer Substanz mit einem (den ersten verwandelnden) zum neuen Körper stempelnden Antheil verbunden ist. Der Chemiker nennt diese Antheile Aequivalente und sagt: im Wasser hat ein Raumtheil Sauerstoff zum Aequivalent zwei Raumtheile Wasserstoff. Körper, welche so zusammengesetzt sind, wie beispielsweise das Wasser, sind Chlorwasserstoff, Jodkalium und viele andere. Von solchen, die Doppelpaare zu ihrer Bildung verlangen, aber auch nach diesen chemischen Aequivalenten zusammengesetzt sind, wollen wir nur schwefelsaures Natron (Schwefel und Sauerstoff mit Natrium und Sauerstoff) so wie salpetersaures Kali (Stickstoff und Sauerstoff mit Kalium und Sauerstoff) anführen; diese und alle ähnlich gebildeten Körper werden durch den elektrischen Strom unmittelbar zersetzt, dagegen solche wie Schwefelsäure, Salpetersäure, Ammoniak und andere in diese Klasse gehörige Substanzen nicht Elektrolyten sind und nur durch secundäre Wirkung zersetzt werden, wobei das Wasser, das in ihren Verbindungen eingeht, meistens eine Hauptrolle spielt.

Wird ein Elektrolyt durch den elektrischen Strom zerlegt, so treten sehr häufig zu gleicher Zeit neue Verbindungen ein, weil die durch den Strom getrennten Elemente einander im Augenblick des Entstehens (der Chemiker benennt dieses mit dem lateinischen Namen status nascens und weiß, daß in diesem Zustande am leichtesten neue Verbindungen geschlossen werden, von manchen Köpern gilt sogar der Satz, daß ihre Bestandtheile sich nur im Augenblicke des Entstehens haben vereinigen können) berühren, was chemische Verbindungen in einem hohen Grade begünstigt.

Solche Verbindungen entstehen z. B. wenn man statt der edlen Metalle Gold oder Platin, andere leichter oxydirbare als Elektrode anwendet. Der aus dem Wasser geschiedene Sauerstoff tritt alsdann nicht als Gasbläschen hervor, sondern verbindet sich sofort mit dem Eisen, Kupfer oder was es sonst für ein Metall sein mag, zu einer Oxydationsstufe desselben.

Diese secundären Wirkungen treten am häufigsten bei Zersetzung von wässrigen Lösungen ein. Ist z. B. die positive Elektrode statt von Platina, von Zink gemacht und zersetzt man damit verdünnte Schwefelsäure, so tritt der Sauerstoff des Wassers mit dem Zink in Verbindungen zu Zinkoxyd und mit diesem verbindet sich die im Wasser enthaltene Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoxyd.

Hat man Jodkalium in Wasser aufgelöst und zersetzt man dasselbe unter Anwendung von Platin-Elektroden, so sieht man am positiven Pole Wasserstoff, am negativen Jod erscheinen, es ist mithin vom Wasser der Sauerstoff und vom Jodkalium das Metalloid unterzubringen; diese beiden freigewordenen Substanzen verbinden sich aber im Entstehungsmoment mit einander, so daß man ihrer gar nicht gewahr wird, zu Kali.

Wendet man eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd in Wasser an, so liefert diese Lösung bei ihrer Zersetzung durch den elektrischen Strom an der positiven Elektrode Sauerstoff, an der negativen metallisches Kupfer und man findet denjenigen Antheil Säure, welcher nöthig war, um das zersetzte Kupferoxyd aufgelöst zu erhalten, nunmehr in der Flüssigkeit frei. Der Vorgang ist bereits bei Besprechung der Ketten mit zwei Flüssigkeiten angeführt worden.

Alle die Ausscheidungen (wenn man sie auch nicht bei den letztgenannten Ketten erst fand, welche eine Erfindung unserer Zeit, der letzten Decennien sind), so weit sie durch den elektrischen Strom an zersetzbaren Körpern wahrgenommen, haben den aufmerksamen Davy zur Aufstellung von ganz neuen chemischen Anschauungsweisen, haben ihn zu der Elektrochemie geführt. Berzelius widersprach ihm Anfangs auf das entschiedenste (so wie diese beiden großen Chemiker auch ganz verschiedener Meinung hinsichts der Säuren waren, indem der eine den Sauerstoff als eine unerläßliche Bedingung für den Begriff „Säure" ansah, während der andere bewies, daß der Wasserstoff dieselbe Wirkung habe — Salzsäure, Blausäure, Brom, Jod, Fluor, Selen in Schwefelwasserstoffsäure) allein — durch Reibung entsteht Licht — bald war er selbst von der Richtigkeit jener Ansicht überzeugt und half nun redlich die neue Theorie ausbauen.

Elektrolytische Reihe.

Nach dieser wird die Anziehung der verschiedenen Elektricitäten gegen einander, als die Grundursache aller chemischen Verbindungen angesehen, indem stets ein elektronegativer Körper sich mit einem elektropositiven vereint. Diese Ansicht weiter ausbauend, hat man die sämmtlichen bekannten Elemente in eine Reihenfolge gebracht, welche man die elektrochemische nennt, sie ist so geordnet, daß sie mit dem elektropositivesten oder negativesten Körper beginnt und bis zu dem entgegengesetzten fortläuft, so daß jeder nachfolgende Körper etwas weniger das ist, was der vorhergehende war. Die Reihe lautet:

— Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff, Fluor, Chlor, Brom, Jod, Selen,

Phosphor, Arsenik, Chrom, Vanadin, Molybdän, Wolfram, Bor, Kohlenstoff, Antimon, Tellur, Tantal, Titan, Kiesel, Wasserstoff, Gold, Osmium, Iridium, Platin, Rhodium, Palladium, Quecksilber, Silber, Kupfer, Uran, Wismuth, Zinn, Blei, Cadmium, Kobalt, Nickel, Eisen, Zink, Mangan, Cerium, Thorium, Zirconium, Aluminium, Yttrium, Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium, Barium, Lithium, Natrium, Kalium. +

Es ist demnach der Schwefel weniger negativ als der Sauerstoff, der Stickstoff weniger als der Schwefel und so fort — fängt man aber mit dem positiven Antheil an, so ist Natrium weniger positiv als Kalium, Lithium weniger als Natrium. Es würde nun jedoch unbequem (wiewohl ganz consequent und wahr) sein, wenn man sagen wollte, Wismuth sei weniger negativ als Uran, und Calcium weniger als Magnesium, weil diese Körper doch wirklich positiv elektrisch sind und deshalb macht man bei dem ersten zum negativen Pole gehenden Körper, dem Wasserstoff, eine Trennung und nennt diejenige Gruppe, welche ihm nachfolgt, die elektropositive, die ihm voranstehenden Körper aber vom Sauerstoff bis zum Kiesel nennt man elektronegativ, dieser sind 21, der Erstern zum negativen Pole gehenden sind 33.

Die hier aufgestellte Reihe ist übrigens nur theilweise durch wirklich auf ihre Erforschung gerichtete Experimente ermittelt, ein großer Theil ist nur nach der Analogie aufgestellt, und nach ihrem chemischen Verhalten geordnet.

Da die Erforschung dieser Ordnung auf der Zersetzung der Körper durch die Elektricität beruht, so wollen wir außer der bereits angeführten Zersetzung des Wassers noch einige andere Experimente, diesen Gegenstand betreffend, hier folgen lassen.

Wenn man in eine, wie ein lateinisches V oder wie ein U gebogene Glasröhre die Auflösung eines Neutralsalzes, z. B. schwefelsaures Natron oder salpetersaures Kali (Glaubersalz oder Salpeter) einfüllt und nunmehr die Platinadrähte einer kleinen Batterie dahinein senkt, so daß die positive Elektrode in dem einen, die negative in dem anderen Schenkel steckt, so wird an dem positiven Pole die Säure, an dem negativen das Alkali ausgeschieden. Man kann dieses während des Experiments sehr anschaulich machen, wenn man die Auflösung des Salzes durch eine blaue Pflanzenfarbe tingirt, es eignen sich hiezu sehr gut die Blumenblätter von Veilchen, Stiefmütterchen oder von einer dunklen Irisgattung, man bereitet sich davon einen concentrirten Auszug und setzt ein Paar Tropfen derselben zu der Salzlösung.

Sobald die Zersetzung beginnt, wird man die Hälfte der Röhre, in welcher die Anode (die + Elektrode) liegt, sich röthen und die andere Hälfte,

in welcher die Kathode steckt, wird grün. Diese Veränderung der Farbe ist ein bekanntes Prüfungsmittel mit Säuren und Alkalien, man kann daraus schließen und zwar mit voller Sicherheit, daß, wo blaue Pflanzenfarben sich röthen, eine Säure, und wo sie sich in Grün verwandeln, ein freies Alkali thätig sei.

Wenn man sich vollständig von dieser Umwandlung der Farben überzeugt hat, wenn man das unverkennbare Roth und Grün gesehen hat, so verwechselt man die Pole, steckt den positiven Pol in die grüne und den negativen in die rothe Seite und man wird wahrnehmen, daß die Farben immer blasser und ungewisser werden, bis nach und nach in beiden Röhren eine schöne blaue Flüssigkeit steht, kaum aber ist es bis hieher gekommen, so sieht man auch schon die vorher grün gewesene Seite der Röhre in die rothe und die andere in die grüne Farbe übergehen. Es hat also erst eine Zersetzung, dann eine Zurückführung auf den ursprünglichen Standpunkt und endlich eine neue Zersetzung im entgegengesetzten Sinne stattgefunden.

Eine der wichtigsten Entdeckungen in der Chemie wurde von H. Davy im Jahre 1807 durch seine große Batterie gemacht. Bis dahin galten die Alkalien und Erden, Kali, Natron, Kalk, Kiesel 2c. für Elemente, für einfache Stoffe, die Chemie kannte kein Mittel, sie zu zerlegen, vielleicht war ein solches auch nicht einmal versucht worden, weil man wußte, daß da nichts zu zerlegen sei, wo ein einfacher Körper ist — das Versuchen ist aber unter allen Umständen gut, man lernt; nur das, was man zu wissen glaubt, lernt man niemals.

H. Davy gehörte zu diesen unermüdlichen Forschern und dieser Neigung dankt man die große Entdeckung.

Hat man eine gewöhnliche Batterie mit einer Flüssigkeit, so braucht man viele Plattenpaare, um die nöthige Spannung hervorzurufen und alsdann ist das Verfahren folgendes:

Ein dünnes Stück Aetzkali wird schwach befeuchtet auf ein Platinplättchen gelegt, welches die Anode (+ Pol) ist, mit der Kathode berührt man hierauf das Aetzkali von oben. An dem Berührungspunkt fängt das Aetzkali zu schmelzen an und in kurzer Zeit zeigen sich um den Draht, welcher die Elektricität zuführt, metallisch glänzende Kügelchen, das ist das Kalimetall, das Kalium. So lange die Pole der Säule noch auf das Aetzkali wirken, hält sich dieses Metall auch in freier Luft, hört diese Wirkung jedoch auf, so kehrt das Metall durch Oxydation in sehr kurzer Zeit zu seiner früheren Stellung zurück, es wird wieder ein Alkali, will man die Metallkügelchen aufbewahren, so muß dies unter Steinöl geschehen.

Hat man statt der oben gedachten Apparate solche, die mit zwei Säuren

geschichtet sind, so gelingt der Versuch schon mit 12 Elementen, allein man stellt ihn auch vortheilhafter an. Man bohrt in ein Stück Aetzkali eine Vertiefung, groß genug, um einige Tropfen Quecksilber aufzunehmen. Von der andern Seite bohrt man eine feine Oeffnung in dasselbe Stück, um dahinein die positive Elektrode, einen Platindraht, der die Bohrung gerade ausfüllt, zu stecken. Die Oeffnung darf jedoch nicht bis zu der andern Höhlung reichen, wenn es schon vortheilhaft ist, sie so nahe wie möglich zu derselben zu führen.

Man legt nun das bisher durchaus trocken gehaltene Stück Aetzkali auf ein Porzellanschälchen, bringt den positiven Draht in die Bohrung, richtet die Aushöhlung für das Quecksilber nach oben und nunmehr befeuchtet man das Stück Kali behutsam, doch nur so wenig, daß es nicht zerfließt. Dann tröpfelt man in die Höhlung desselben ein wenig Quecksilber und bringt in dieses den negativen Draht, die Kathode, schon nach sehr kurzer Zeit wird das Quecksilber dick, und bald geht es in ein festes Amalgam über, indem das Quecksilber das Kalium auflöst, wie es andere Metalle, Gold, Zinn, Zink ꝛc. auflöst.

Wirft man dieses Amalgam in Wasser, so entsteht ein heftiges Aufbrausen, es entweicht sehr rasch eine große Menge Wasserstoff und man findet nachher kein Amalgam mehr, sondern reines Quecksilber, das Wasser aber ist in eine Kalilauge verwandelt; das Kalium nämlich hat sich mit dem Sauerstoff des Wassers zu Kali verbunden und hat den Wasserstoff verjagt — das Kali aber ist, wie es sich neu bildete, sogleich durch das Wasser aufgelöst worden.

Noch eine andere Methode hat Berzelius angegeben. In ein Porzellanschälchen bringt man eine Kalilauge so concentrirt als möglich, dazu bringt man einige Stücke Aetzkali, welche, da die Lauge gesättigt ist, allerdings ungelöst bleiben, aber nöthig sind, um die während der Operation aufhörende Sättigung zu erhalten.

In dieses Schälchen wird die + Elektrode einer starken Batterie geführt. Man muß dieses mit großer Vorsicht thun, denn da in dieselbe Schale auch noch Quecksilber gebracht wird, so ist eine Berührung zwischen diesem und dem + Pole sehr leicht, sie darf aber durchaus nicht gestattet werden, wenn der Versuch gelingen soll, denn in dieses Quecksilber versenkt man die Kathode und bei Berührung des Quecksilbers mit der Anode würde der elektrische Strom durch das Quecksilber von einem Pole zum andern gehen, er soll aber durch die Kalilauge streichen und sie zersetzen.

Geschieht dies, so verdickt sich das Quecksilber gleichfalls wie in den vorigen Versuchen; interessant ist aber, daß man wahrnimmt, wie das

Quecksilber sich nunmehr mit einer Menge kleiner Krystalle bedeckt, welche Würfelform zu haben scheinen und nach der Ansicht einiger Chemiker die eigentlichen Kaliumkrystalle, wahrscheinlich aber nur krystallähnliche Bildungen aus Kaliumamalgen sind.

Auf eben die Weise, wie man das Kalium darstellt, gelingt es auch mit dem Natrium, nur wendet man hierzu nicht Aetznatron, sondern Glaubersalz oder Kochsalz an (Schwefelsaures Natrum, Chlornatrium).

Sehr merkwürdig ist die Entdeckung, daß die Luft, welche wir einathmen, eigentlich ein Metall ist. So viel wir wissen, verbinden sich mit dem Quecksilber zu einem Amalgam nur die Metalle, es ist daher der Schluß, was sich mit dem Quecksilber zu einem Amalgam verbindet, sei ein Metall, gar nicht voreilig. Nun geschieht hier eine solche Verbindung, ferner sind die andern Alkalien gleichfalls mit metallischer Basis versehen, so ist in dem Schlusse wenigstens nichts Widersinniges, denn die Form (Luft) dürfte wohl so wenig ein Hinderniß der gedachten Annahme sein als die geringe Schwere — hat man doch Metalle, die zwei und zwanzigmal schwerer sind als das Wasser und andere, welche auf dem Wasser schwimmen — kann man doch alle Metalle in fester, in flüssiger und in gasförmig aufgelöster Form haben, warum soll es nicht ein Metall geben, das vorzugsweise die letzte Form hat. Daß wir ein Metall einathmen, wäre um nichts merkwürdiger, als daß Fische Wasser einathmen.

Man verfährt hierbei wie bei der Reduction des Kali's. Ein Stück Salmiak wird so weit ausgehöhlt, daß ein Paar Tropfen Quecksilber in der Höhlung liegen können, von der Seite wird eine Oeffnung für den + Poldraht vorgebohrt und dieser dann hineingeschoben, so weit als möglich, ohne in die Höhlung für das Quecksilber zu gelangen. Das Stück Salmiak wird nun von oben her mit einer möglichst concentrirten Salmiaklösung benetzt und in die nasse Grube das Quecksilber gebracht, worauf man die Kathode einer mäßig starken Batterie (12—15 Grove'sche oder Sturgeon'sche Elemente) in das Quecksilber führt. Anfangs scheint sich nichts besonderes zu ereignen, sehr bald aber sieht man das Quecksilber eine viel hellere Farbe annehmen als es früher hatte, es wird dickflüssig, dann consistent wie Butter, vergrößert sich um das vier- bis fünffache und wird endlich so groß, daß es die Grube im Salmiak weit übersteigt und sich wie eine Halbkugel darüber emporhebt.

Salmiak besteht aus Chlor, Wasserstoff und Stickstoff, die beiden erstgenannten Substanzen lassen sich nachweisen in dem Wasser, womit der Salmiak benetzt war und in der Luft, wo sie sich durch den Geruch verrathen, mit dem Quecksilber ist also nur der Stickstoff in Verbindung ge-

treten und diesen athmen wir in der atmosphärischen Luft zu vier Fünftheilen, verbunden mit einem Fünftheile Sauerstoff ein. Dabei ist die Luft dennoch kein Metalloxyd, denn die Verbindung zwischen dem Sauerstoff und dem Stickstoff ist keine chemische, sondern eine Mengung, wenn also der oben angeführte Schluß ein richtiger ist, so athmen wir keineswegs ein Metalloxyd, sondern ein Metall ein, natürlich in Dampfform.

Bis jetzt ist es noch nicht gelungen, das Metall auf einem anderen Wege und gesondert, ohne Quecksilber darzustellen, wie man Kalium und Natrium dargestellt hat, es ist demnach noch etwas durchaus hypothetisches, es dürfte auch schwer werden, das Problem zu lösen, weil die Quantität des Amonium, welche das Quecksilber bis auf sein fünffaches Volumen ausdehnt, so überaus gering ist, daß sie kaum den zwölftausendsten Theil des Quecksilbers wiegt, und weil, sobald der galvanische Prozeß aufhört, die Zersetzung wieder eintritt. Allein diese Schwierigkeit wird keinen Chemiker hindern, an die Möglichkeit zu glauben, daß Stickstoff ein Metall sei, es giebt ja ein Metall, was der Unkundige für ein permanent flüssiges hält, das Quecksilber, aber bei weniger Wärme als 32 Grad unter Null ist dieses Metall auch fest und hämmerbar wie die anderen. Vielleicht ist Amonium ein Metall, welches bei den gewöhnlichen Temperaturen schon verdampft, bei 60—80 Grad unter Null flüssig wird, bei 600 unter Null hämmerbar ist; wer kann dies wissen, wer kann es, als nicht wahr, bestreiten; es wäre — wenn es sich so verhielte — nur das eine Extrem in der Reihe, zu welcher Osmium das andere Extrem ist, Platin ist nur in Knallgasgebläse schmelzbar, Iridium eben darin, doch sehr viel schwerer als Platin und nur in ganz kleinen Quantitäten, Osmium aber hat man bis jetzt weder im Knallgasgebläse noch im elektrischen Strome geschmolzen. Gold ist noch verdampfbar, es färbt die Flamme über dem Schmelztigel grün, Platin und Iridium schon nicht mehr und Osmium, da es nicht einmal schmelzbar ist, verdampft natürlich gar nicht.

Stromstärke.

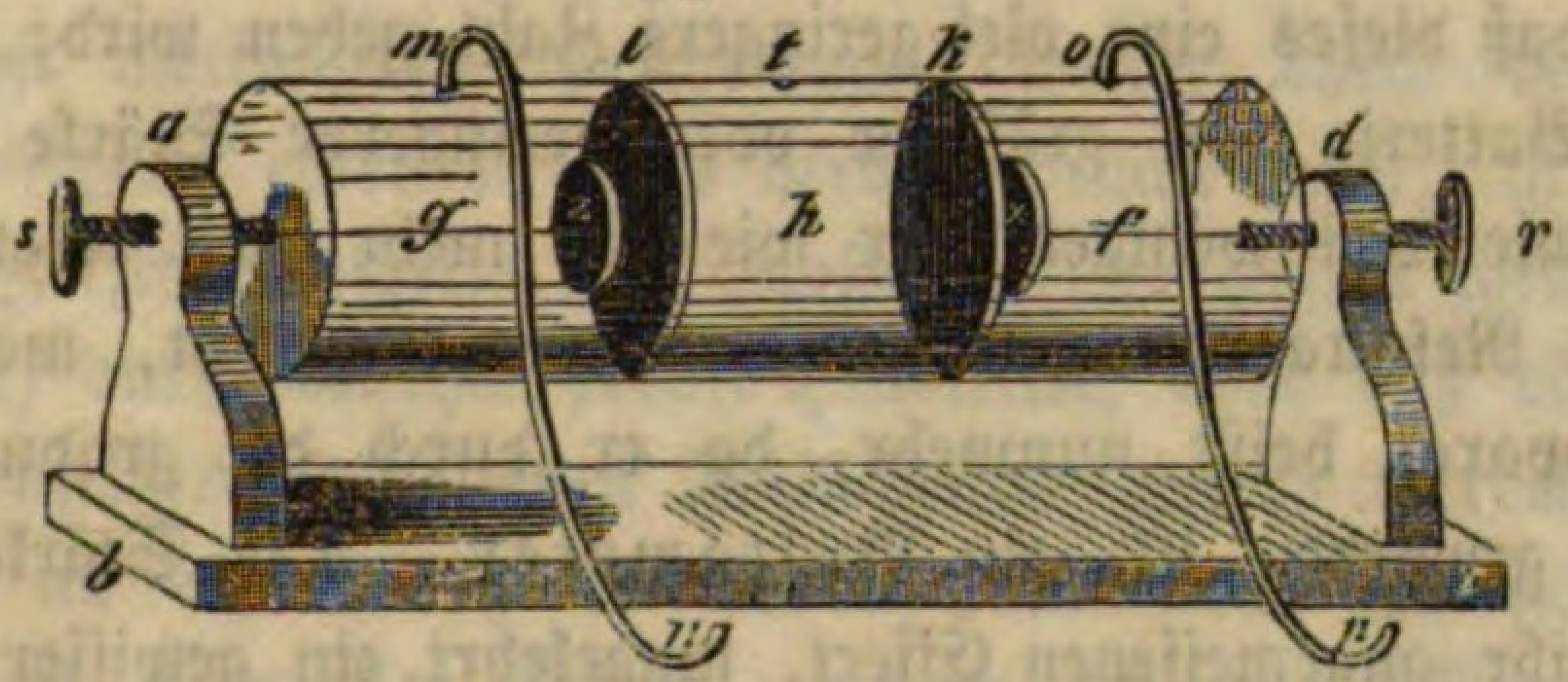
Es hat sich bei den sehr gründlichen Untersuchungen Faradays herausgestellt, daß dieselbe Menge strömender Elektricität immer denselben Effect auf einen zersetzbaren Körper übe. Hat der Durchschnitt des elektrischen Stromes eine gewisse Größe und geht ein Strom von einer gewissen Stärke hindurch, so zersetzt er z. B. von Wasser eine bestimmte Quantität, er entwickelt daraus (wollen wir annehmen) in einer Minute 100 Kubikzoll Knallgas. Wird der Strom doppelt so stark, so giebt er in der Minute

200 Kubikzoll. Ist der Strom drei- oder sechsmal so stark, so ist die entwickelte Quantität drei- oder sechsmal so groß, oder was gleich ist, der Effect wird in dem dritten oder in dem sechsten Theile der Zeit erreicht.

Da sich dieses als ein feststehendes Gesetz erwies, so hat man darauf einen Maßstab für die Stärke des Stromes gemacht, nach dem Gesetz der Reciprocität, welches durch die ganze Natur waltet, muß auch hier gefolgert werden: wenn von einem elektrischen Strome in einer gegebenen Zeit eine Quantität eines Körpers zersetzt wird, und es wird von einem andern Strome eine doppelt so große Quantität desselben Körpers in der nämlichen Zeit zersetzt, so ist dieser zweite Strom doppelt so stark, als der erste. Es kommt nur darauf an, daß es wirklich derselbe Körper ist.

Wasser läßt sich überall am leichtesten haben, die Quantität Wasser, welche ein elektrischer Strom in einer gewissen Zeit zersetzt, kann also für die Stärke des Stromes als Maß gelten.

Fig. 142.



Wir haben oben Wasserzersetzungsapparate betrachtet. Nehmen wir noch einmal den Apparat, welcher S. 473 beschrieben ist, in Augenschein, so werden wir finden, daß es nur einer geringen Veränderung bedarf, um ihn zur Meßvorrichtung zu machen. Der Durchschnitt des elektrischen Stromes innerhalb des Wassers ist gegeben durch eine der beiden Platinaplatten, denn der auf der einen Seite in eine solche eintretende elektrische Strom muß auf der andern Seite aus der gleich großen Platte austreten, und um zu dieser zu gelangen, die ganze Wasserschicht, welche zwischen beiden Platten liegt, durchstreichen, dies ist gewissermaßen das Loch im Schleusenthore, die Größe einer der Platten ist das Maß, bis zu welchem die Schütze aufgezogen ist.

Es wird natürlich durch diesen Strom Wasserstoffgas und Sauerstoffgas entwickelt werden, die Erfahrung hat gelehrt, daß dieses immer in einem solchen Verhältniß der beiden Gase zu einander stattfindet, daß daraus gerade Knallgas entsteht (zwei Raumtheile Wasserstoffgas auf einen Raumtheil Sauerstoffgas) und daß beim Verbrennen desselben sich wieder (ohne Rückstand einer der Gasarten) Wasser bildet.

Dieses Gas entweicht bei dem vorstehenden Apparat durch die aus dem Cylinder aufwärts gehenden und dann gebogen herabsteigenden Röhren. Ueber die Mündung derselben, welche unter Wasser stehen muß, stellt man nun gleichfalls mit Wasser gefüllte Röhren mit der Mündung nach unten, so wie man es gewöhnlich macht, um Luftarten aus irgend einem Gasentwickelungs-Apparat aufzufangen. Die Cylinder sind eingetheilt, so daß man durch die Striche, welche außen an der Röhre mit einem Diamant gezogen sind, erkennen kann, wie viel Kubikzoll oder Kubikcentimetre (je nachdem man mit französischem oder deutschem Maße arbeitet) darin enthalten sind.

Wenn nun die elektrische Strömung in ihrem vollen Gange ist, die Gase entweichen, so stellt man die eingetheilten Röhren über das Glasrohr und sieht, wie viel Zeit nöthig ist, um sie bis auf eine gewisse Stelle — wir wollen sagen bis auf 10 Kubikzoll — zu füllen.

Man kann nun statt reinen Wassers angesäuertes nehmen und alsdann beobachten, wie viel Zeit zu demselben Effect erforderlich ist, man wird sehen, daß dieses eine viel geringere Zahl geben wird; man kann auch eine andere Batterie von größerer oder geringerer Stärke anwenden und beobachten, wie viel weniger oder wie viel mehr Zeit erforderlich ist, um zu demselben Resultat zu gelangen — man vergleicht, man mißt, dieser Zersetzungsapparat heißt nunmehr, da er durch die graduirte Röhre zum Meßapparat geworden ist, ein Voltameter. Die Stärke des Stromes liefert einen ihr angemessenen Effect, umgekehrt ein gewisser Effect gestattet einen Rückschluß auf die Stärke des Stromes.

Begreiflicher Weise muß dies Instrument nicht gerade so wie hier gedacht, gebildet sein, jede Vorrichtung, in welcher man Wasser zersetzen und die aufgefangenen Gasarten messen kann, ist ein Voltameter, und es sind sehr schöne und sehr zweckmäßige, auch sehr theure von Faraday, von Bunsen und anderen vorgeschlagen worden, das S. 471 beschriebene ist besonders zweckmäßig und sehr wenig kostbar und empfiehlt sich überdies noch dadurch, daß ein jeder es sich selbst machen kann.

Man hat durch dieses Instrument und durch andere, vielleicht noch einfachere Mittel gefunden, daß chemisch äquivalente (gleichwerthe) Massen verschiedener Körper zu ihrer Zersetzung gleiche Stromquantitäten erfordern, d. h. daß die Quantitäten der Zersetzungsproducte, welche ein und derselbe Strom aus verschiedenen zersetzbaren Körpern ausscheidet, unter einander genau in demselben Verhältniß stehen, in welchem sie sich chemisch verbinden.

Man nennt diese Eigenheit das Gesetz der bestimmten elektrolytischen Action und Faraday nennt die Massen der Körper, welche sich

mit gleichen und bestimmten Mengen Elektricität verbinden, elektrochemische Aequivalente.

Es läßt sich aus diesem Gesetze noch die merkwürdige Folgerung ziehen, daß die Atome sämmtlicher Körper (Atom im Sinne der jetzigen Chemie) eine gleiche Quantität Elektricität aufnehmen oder gebunden enthalten. Es hat hierüber Faraday sehr scharfsinnige Untersuchungen gemacht, deren Resultate von anderen nicht minder vorsichtigen Experimentatoren bestätigt worden sind.

Für jedes Atom Wasser, welches in einem elektrischen Strom zerlegt wird, innerhalb eines Voltameters, wird in anderen Zersetzungszellen auch ein Atom jedes anderen Körpers zersetzt, wenn also in einem elektrischen Strome, dessen Anode aus Zink, dessen Kathode aus Platin besteht, von dem Platin ein Atom Wasserstoff ausgeschieden wird, so wird von dem Zink ein Atom aufgelöst. Dasselbe Verhältniß findet für alle Körper statt, welche in demselben Strome zersetzt werden.

Eine höchst merkwürdige Erscheinung, welche durch den elektrischen Strom bei Zersetzung eines Körpers hervorgebracht wird, ist die Durchführung der Zersetzungstheile (der Stoffe, welche zersetzt werden, der Zersetzungsproducte) durch benetzte poröse Halbleiter, ohne daß diese Halbleiter oder die in denselben enthaltenen Flüssigkeiten zersetzt werden, indem die Zersetzung nur an den beiden Elektroden unmittelbar vor sich geht. Auf dieser Eigenschaft thierischer Häute, dichter Gewebe, filzartiger Stoffe, des porösen Thones, wenn derselbe zwar gebrannt, aber nicht glasirt ist, und vieler anderer Substanzen beruht manches technische Gewerbe, Versilberung, Vergoldung, Galvanoplastik ꝛc., wovon wir noch ausführlicher handeln werden, hier gilt es vorläufig nur die Thatsache festzustellen und anschaulich zu machen und dieses geschieht ganz leicht auf folgende Weise.

Man wiederholt den Seite 481 angeführten Versuch mit der blau gefärbten Auflösung von Glaubersalz auf folgende Weise. Man gießt die eine Hälfte davon in ein Bierglas, die andere in einen Cylinder von unglasirtem Thon oder in einen an beiden Seiten offenen Glascylinder, dessen eine Seite jedoch mit nasser Blase oder mit Pergamen überspannt und fest bebunden ist, stellt diesen zweiten kleineren Cylinder in das Bierglas und führt nun die negative Elektrode in das äußere, die positive in das innere Gefäß, deren Flüssigkeiten doch durchaus von einander getrennt sind. Wenn dieses geschehen, wird man, gerade als ob die blaue Flüssigkeit ein Continuum bildete, diejenige Hälfte, in welcher sich der positive Pol befindet, durch Säurung roth, die andere durch die Wirkung des frei werdenden Alkali's grün werden sehen.

Der von Kleiner in Berlin vortrefflich gefertigte Zersetzungs-Apparat gewährt ein Mittel, diesen Gegenstand auf das Genaueste zu verfolgen, es ist derselbe mittelst der drei Glasgefäße geeignet, jede beliebige Flüssigkeit aufzunehmen. Haben wir in die beiden äußeren gesäuertes Wasser gebracht, welches zersetzt werden soll und bringen wir in das mittelste die oben gedachte Auflösung, blau gefärbt durch Veilchentinctur, so wird, sobald die Auflösung beginnt, der Sauerstoff an der positiven, der Wasserstoff an der negativen Elektrode erscheinen, die Durchleitung der Elektricität durch die blaue Flüssigkeit stattfinden, aber keine Spur einer röthlichen oder grünlichen Färbung sich irgend wie zeigen, eben so wenig wird in dem mittleren Raum Gas erscheinen, also überhaupt irgend eine Zersetzung stattfinden, weil beide Elektricitäten sich darin ausgleichen.

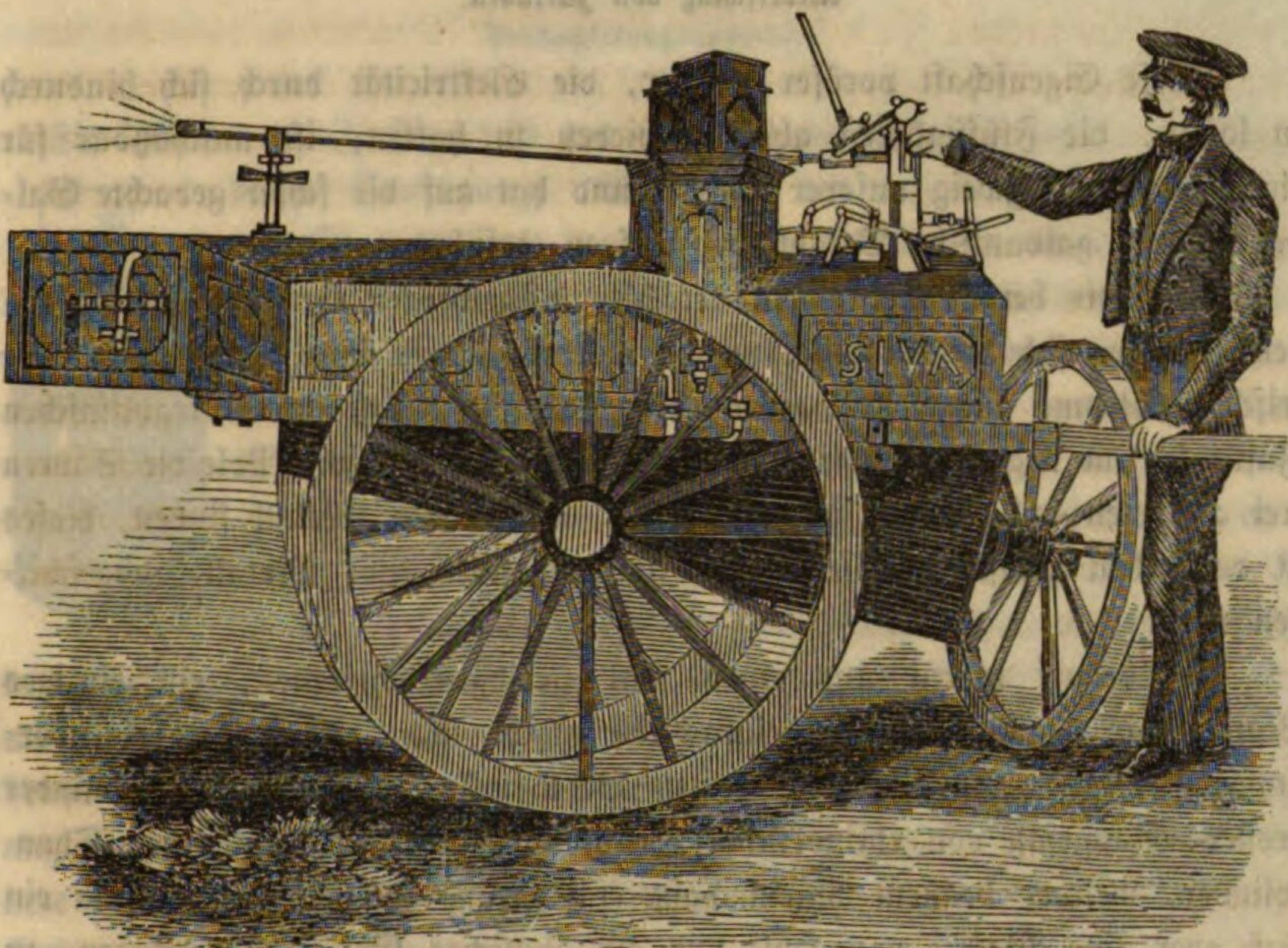
Der gedachte Apparat ist ein sehr schöner und vollkommener und wo es sich um Beweise handelt, muß man einen solchen haben, anschaulich aber läßt sich die Sache auch ohne denselben machen. Man stellt das zu zersetzende Wasser in zwei verschiedenen Gläsern neben einander auf den Tisch, leitet die Poldrähte in dieselben (einen in jedes Glas) und man wird, wie begreiflich auch bei Anwendung der allerstärksten Batterie nicht eine Spur von Wirkung haben. Sobald man aber ein Stück nassen Filz oder einige zusammengelegte Stücke Löschpapier oder einen aus Asbest gedrehten Strang (Alles natürlich durchdrungen von der Flüssigkeit, die in den Gläsern enthalten, oder von einer andern leitenden Flüssigkeit) über die Ränder der neben einander stehenden Gläser dergestalt hängt, daß eine Hälfte dieses Papiers oder Asbestgeflechtes in der Flüssigkeit eines jeden Glases befindlich, tritt auch die Zersetzung sofort ein und zwar nur an den Elektroden und ohne daß in dem Papier, durch welches die Elektricität doch auf einem sehr verengerten Wege strömen muß, auch nur das geringste Gasbläschen sich zeigt. Es ist begreiflich, daß, je größer die galvanische Batterie, desto lebhafter die Zersetzung der zwischen die beiden Elektroden gebrachten Körper ist.

Die Zersetzung des Wassers hat man zur Darstellung eines elektrischen Geschützes zu benutzen versucht. Vorläufig ist dasselbe nur eine Curiosität, allein es wäre doch vielleicht voreilig, derselben eine Zukunft wie der Dampfkanone von Perkins zu prophezeihen.

Die Fig. 144 (auf der folgenden Seite) zeigt einen auf drei Rädern stehenden Kasten, dessen Thüren wir geöffnet sehen. Das hintere Rad steht quer vor der Richtung der Bewegung und hat diese Stellung, damit die Richtung desto leichter gewonnen werden könne. Der Kasten enthält eine sehr starke, großplattige und vielpaarige Batterie, deren Pole in ein mit

stark gesäuertem Wasser gefülltes Gefäß mit sehr dicken Wänden gehen. Das Wasser wird hier in Knallgas verwandelt und tritt so in den auf

Fig. 144.



der Mitte des Kastens stehenden Gasbehälter von centnerschwerem Bronceguß. Die Gasentwickelung ist so mächtig, daß eine Compression desselben auf mehr als das Doppelte der natürlichen Dichtigkeit stattfindet.

In den Metallkörper ist das Geschützrohr (hier allerdings nur ein Flintenlauf) eingelassen. Ventile, wie bei einer Windbüchse, gestatten eine Verbindung der Seele des Rohres mit dem Gasbehälter, gestatten aber auch die Absperrung nach Belieben.

Der an dem Querrade stehende Geschützmeister dirigirt den Mechanismus, vermöge dessen die Verbindung des Laufes mit dem Gasbehälter und die Entzündung des Knallgases gleichzeitig erfolgt. Wir sehen das Geschütz im Augenblick der Entladung.

Gelingt es wirklich, die zersprengende Gewalt des Knallgases in eine forttreibende zu verwandeln, so wäre der Apparat vielleicht das Ei, woraus sich eine totale Umwandlung der Geschützkunst entwickelte, und daß es im Kleinen möglich, sehen wir an den elektrischen Pistolen. Die Frage ist nur, wie groß muß der Widerstand des Gasbehälters sein, damit er nicht durch

das Gas zersprengt werde, welches eine 50 und mehr Pfund wiegende Kugel auf 3000 Schritt werfen soll.

Niederschlag von Metallen.

Diese Eigenschaft poröser Körper, die Elektricität durch sich hindurch zu lassen, die Flüssigkeiten aber geschieden zu halten, ist unschätzbar für einen wichtigen Zweig unserer Technik und hat auf die schon gedachte Galvanoplastik, galvanische Vergoldung u. s. w. geführt.

Wie wir bereits bei einem der hier mitgetheilten Versuche gesehen haben, scheiden sich die Metalle, welche in Auflösungen ihrer Oxyde dem elektrischen Strome ausgesetzt werden, dergestalt aus, daß sie im regulinischen Zustande am negativen Pole erscheinen, indeß am positiven Pole die Säuren frei auftreten und, wenn sie daselbst ein auflösbares Metall finden, dieses in demselben Maße auflösen, wie am negativen Pol Metall ausgeschieden wird.

Es bedarf hierzu nur eines sehr geringen Stromes, ein einziges Plattenpaar genügt und am einfachsten macht man die Sache folgendermaßen. Man nimmt je nach seinen Bedürfnissen ein mehr oder minder großes Glasgefäß von cylindrischer Form und sucht sich dazu einen Thoncylinder, welcher bequem hinein paßt (für große Sachen nimmt man ein Faß oder eine Wanne von Holz und ein ähnliches Gefäß ohne Boden, an dessen Stelle man eine tüchtige Rindsblase oder ein Stück Pergamen spannt und durch Umschlingung mit Bindfaden befestigt).

Aus einem Stücke Kupferblech schneidet man einen Teller, an dessen einer Seite ein möglichst langer Streifen stehen bleibt, den man rechtwinklig umbiegt, so daß, wenn das Kupferblech auf dem Tische horizontal liegt, der Streifen perpendiculär in die Höhe steht.

An den Thoncylinder bindet man querüber ein Paar Holzstäbchen fest, so daß derselbe mittelst dieser auf den Rändern des Glases ruhet und nur etwa bis auf ein Paar Zoll vom Boden desselben hineintaucht. In den Cylinder wird ein Stück Zink gestellt und dann derselbe mit Salzwasser gefüllt, so wie das Glasgefäß mit einer Lösung desjenigen Metalles, das man niederschlagen will. Z. B. mit Kupfervitriol. Die Flüssigkeiten müssen in beiden Gefäßen gleich hoch stehen. Hat man auf diese Weise Alles geordnet, so kann sofort die Operation vorgenommen werden. Man legt das Kupferblech an den Boden des Glascylinders, so daß der Blechstreifen in die Höhe und zwar bis über den Thoncylinder hinaufragt, hier biegt man denselben um und bringt ihn in Berührung mit dem Zinkstreifen,

welcher in dem Salzwasser des Thongefäßes befindlich ist, was durch Löthen oder Schrauben geschieht.

Verkupferungsapparat.

Fig. 145.



In Fig. 145 hat man ein um Weniges verändertes Bild dieser Anordnung. Man sieht den äußern Cylinder, welcher von Glas ist, mit der Flüssigkeit gefüllt, aus welcher sich das Kupfer niederschlagen soll. In derselben steht der Thon oder Gypscylinder, welchen man auch durch einen Cylinder von Pappe ersetzen kann, bei welchem dann nur darauf zu sehen ist, daß die Näthe dicht genug sind, um keinen unmittelbaren Zutritt des Wassers aus demselben zu der Kupferlösung oder dieser zu dem Salzwasser zu gestatten. Der innere Cylinder ist in der Zeichnung gleichfalls durchsichtig gehalten, was er in der Wirklichkeit nicht sein kann, falls er nicht von Glas ist, dann aber müßte er unten nur durch eine Haut verschlossen sein und der zu überziehende Gegenstand dürfte **nicht neben** dem Cylinder hängen, wie die Figur angiebt, sondern müßte **unter** demselben liegen. Der hier gezeichnete kleinere Cylinder steht aber auf dem Boden des Glases, mithin müssen seine Seiten durchlassend sein.

In dem innern Cylinder sehen wir einen langen dunklen Streifen, dieses ist der Zinkstab, wo möglich mit Quecksilber amalgamirt, wodurch er selbst in nicht ganz schwach gesäuertem Wasser gegen das Zerfressen geschützt wird, welches dann wieder den großen Vortheil hat, daß die Vorrichtung viel längere Zeit in einer sich gleichbleibenden Thätigkeit fortwirkt.

An dem Zinkstreifen befindet sich eine Schraube zur Aufnahme des Kupferdrahtes oder Streifens, d. h. zu einer Herstellung metallischer Leitung zwischen Kupfer und Zink.

Die Figur zeigt eine Anordnung solcher Art, daß der zu überziehende Gegenstand nicht unter dem kleinern Cylinder liegt, sondern neben demselben hängt, dies ist für viele Dinge sehr vortheilhaft, besonders aber gestattet es die Benutzung des Apparates zu vielen Kleinigkeiten auf einmal, indeß der Teller, welcher etwa unter dem kleinern Cylinder angebracht wäre, nur wenige Gegenstände aufnehmen könnte. Wir sehen hier eine Münze neben dem Cylinder hängen, es ist jedoch ganz gleichgültig, welche Form der Gegenstand hat, wenn er nur metallisch leitend, mit dem Zink in Verbindung und von der metallischen Flüssigkeit ringsum bespült ist.

Für runde und zugleich längliche Sachen, für kleine Statuen und ähnliche Gegenstände ist es vortheilhafter, die elektrische Strömung umzukehren, dergestalt, daß die Kupferauflösung in den Thon- oder Pappcylinder (auch ein prismatisch gestaltetes Gitter von Holzstäben, das an den Seiten rundum und an dem einen Boden mit Thier-Blase oder Pergamen, ohne Kreideüberzug, bespannt ist, thut sehr gute Dienste), die verdünnte Säure oder das Salzwasser aber in den äußern, das Glasgefäß, kommt. Steht nunmehr eine Figur in dem Thoncylinder und der Kupferauflösung, so bringt man nicht etwa einen etwas weiteren Cylinder von Zink in die Säure, sondern man spaltet einen langen, dünnen Streifen Zink in vier Theile, breitet sie wie ein Kreuz aus und biegt die dasselbe bildenden Streifen nunmehr so zusammen, daß sie senkrecht von ihrem Vereinigungspuncte herabhängen und den Thoncylinder an vier verschiedenen Stellen umstehen, ohne ihn zu berühren. Von dem Vereinigungspunkte der Streifen leitet man ein Paar Kupferdrähte so weit herab, bis sie den zu überziehenden Gegenstand berühren.

Selbstverständlich kann dieses nicht der Zweck der ganzen Operation sein, man wird etwas Anderes haben wollen, dies wird nur das Mittel zum Zwecke sein, und so ist es in der That. Nicht bloß Kupfer kann mit Kupfer überzogen, sondern jedes Metall kann mit jedem andern Metalle überzogen werden und wir erhalten so zuerst die Versilberung und Vergoldung auf nassem Wege und dann die Bedeckung eines Leiters mit einem Metall in solcher Stärke, daß man ein so dargestelltes Gebilde einen nassen Metallguß nennen kann.

Dies Alles wird auf die angegebene Art gemacht; indem man die mit Metall zu überziehenden Gegenstände auf die Kupfertafel legt, oder statt der Kupfertafel selbst anbringt, — dadurch daß man sie, wie silberne Löffel, Teller, die vergoldet werden sollen, mit einem einfachen Draht umschlingt — in die Goldauflösung unter oder neben den Thonbecher bringt, und sie ruhig sich selbst überläßt; nach einiger Zeit wird man wahrnehmen, daß die Gegenstände gelb werden, worauf man sie aus der Lösung nimmt, mit Wasser rein wäscht, mit Kleie oder Sägespänen von Mahagoni trocknet, und in wenig Minuten gefahrlos fertig hat, was im Feuer zu vergolden stundenlang dauert und (wegen der entweichenden Quecksilberdämpfe) der Gesundheit höchst nachtheilig ist.

Glas, Porzellan, Gyps, Wachs u. s. w. kann auf solche Weise in beliebiger Dicke mit Metall überzogen werden, geschieht das auswendig auf dem Gegenstande, so nennt man die Operation galvanische Vergoldung, Verkupferung &c., geschieht es in beträchtlicher Dicke inwendig in einer

dazu vorgerichteten Form, so nennt man die Operation die Galvanoplastik.

Um von der letztern ein Beispiel zu geben, so wollen wir annehmen, es sei eine Büste zu bilden (je größer sie ist, desto bequemer ist die Arbeit). Man lasse sich von einem geschickten Former über dem Gypsmodell eine Gypsform machen, gerade als wolle man in derselben wieder Gypsköpfe gießen. Die einzelnen Stücke läßt man eine Zeitlang in Stearin kochen, nach dem Erkalten bepinselt man sie an allen Stellen, welche nach Innen gehen und eigentliche Theile des Kopfes enthalten, mit sehr feinem und etwas durch Terpentin verdünnten Leinöl-Firniß. Sobald dieser so weit trocken ist, daß er noch gerade ein wenig am Finger haftet, bestreut man die sämmtlichen so gefirnißten Theile mit Kupferbroncepulver oder mit fein geriebenem Graphit, um sie leitend zu machen; man setzt nun die Form zusammen und folgt mit der Bronce allen Fugen, und reibt das Pulver in die Fläche der Form mit einem dicken weichen Pinsel oder mit der Fingerspitze, wenn man damit tief genug bringen kann, so ein, daß dasselbe einen darauf haftenden continuirlichen Ueberzug bildet. Die Stücke der Form macht man durch eine dazwischen gestrichene, sehr dünne Lage Talg an einander kleben und man hindert dadurch auch zugleich, daß sie Wasser durchlassen.

Ist diese Arbeit vollendet, ist der Ueberzug überall vollkommen leitend, so schließt man nunmehr die Form, indem man die beiden Hälften, in denen die einzelnen Stücke vereinigt sind, nachdem auch hier die Ränder mit Talg bestrichen wurden, aufeinander drückt und zusammen bindet.

In dieser Weise vorgerichtet, hat man eine Form, welche, wasserdicht, eine Auflösung von Kupfervitriol halten wird. Man nimmt nun einen ziemlich langen Zinkstreifen, steckt ihn in einen reinen Rindsdarm (besser in eine Gurgel), welcher unten zugebunden, mit Salzwasser gefüllt, dann auch oben zugebunden wird, doch so daß der Zinkstab heraussieht. Um denselben schlingt man mehrere Enden Kupferdraht und bringt diese an verschiedenen Stellen mit der inneren broncirten Seite der Form in Verbindung, füllt die Form mit der Kupferauflösung und hat alsdann nichts zu thun, als die Concentration derselben zu erhalten und die Form alle zwei Tage etwa auszugießen, mit Regenwasser auszuspülen und von neuem mit Kupferauflösung zu füllen. Je nach der Dicke, welche der kalte Guß haben soll, muß derselbe vierzehn Tage bis vier Wochen (auch kürzer, auch länger) Zeit haben, um zu wachsen. In dieser Zeit muß natürlich auch die Zinkstange öfter gereinigt, oder wenn sie zerfressen ist, mit einer neuen vertauscht werden. Dasselbe gilt für das Salzwasser.

Die Kupferlösung wird gleich stark erhalten, indem man oben über die offene Form Gaze oder Leinwand bindet, welche in die Lösung hinein sinkt und auf welcher immerfort Krystalle von Kupfervitriol liegen, die, sowie dieselben nach und nach schmelzen, erneuert werden.

Historisches über die Galvanoplastik.

Die schöne Kunst der Galvanoplastik ist aus sehr unbestimmten Anfängen entstanden. Die Kunst, Gold zu machen, hat die Menschen ein paar Jahrhunderte lang beschäftigt und sie sind auf die wunderlichsten Combinationen gekommen, um ihr Vorhaben auszuführen, dabei entdeckte Böttcher das Porzellan, Kunkel den Phosphor und den Goldpurpur zur Färbung des Glases, Beireis den mineralischen Karmin, die Scharlachfärberei und so wurde wenigstens etwas geleistet, Andere aber benutzten ihre Kenntnisse der Chemie (welche ohnedies in damaliger Zeit etwas gar Geheimnißvolles war) entweder zur Verblendung der Menschen, zur Prahlerei mit Kenntnissen, welche sie nicht hatten, oder zum schnödesten Betruge.

Das Vorgeben, Gold machen zu können, trug dem Einen gewaltige Schätze, dem Andern den Hungertod im Gefängnisse ein. Zu den wenigen, welche davon großen Vortheil zogen, gehört der berühmte Aurelius Theophrastus Paracelsus Bombastus ab Hohenheim; von seiner Kunst, Gold zu machen, gab er den Mediceern mehrere Beispiele. Man findet in Ferrara in der Sammlung von Kunstschätzen des Schlosses einen eisernen Becher und einen Nagel, beide von Paracelsus kunstreicher Hand in Gegenwart Cosimos des Ersten von Medici (Sohn des berüchtigten „Johann der große Teufel", den er jedoch an satanischer Bosheit und Grausamkeit bei weitem übertraf) zur Hälfte in Gold verwandelt, damit kein Zweifel übrig bliebe, denn sie ganz in Gold zu verwandeln hätte möglicherweise den Verdacht erregen können, daß sie überhaupt von Gold gemacht seien.

Ein Jeder von uns kann dies große Kunststück nachmachen, wenn es ihm nicht darauf ankommt, ein paar Dutzend Thaler daran zu wenden. Man löst zehn bis zwölf Dukaten in Königswasser auf, verdünnt die Auflösung mit destillirtem Wasser und legt eine eiserne Kette oder irgend einen andern Gegenstand von Eisen hinein und er wird, wenn das Eisen durch die Säuren verzehrt ist, das Gold an deren Stelle niedergeschlagen finden.

Dies ist aber kein Verwandeln in Gold, sondern Gold ist an die Stelle des hinweggenommenen Eisens gelegt worden. Wohlfeiler kann man das Experiment mit Kupfer machen: in eine Auflösung von Kupfervitriol in destillirtem Wasser, in welcher ein wenig Schwefelsäure vorwaltend ist,

steckt man eine blanke Messerklinge; in wenigen Secunden ist sie mit einem rothen Anflug, in wenigen Minuten mit einer rothen Haut von reinem Kupfer überzogen und läßt man das Eisen längere Zeit in der Lösung stehen, vorausgesetzt dieselbe werde durch hinzugebrachte Krystalle von Kupfervitriol in der nöthigen Stärke erhalten, so wird es nach und nach so weit aufgelöst, als es in der Lösung steht. Eine sehr alte nicht bloß zum Spaß, sondern zur Gewinnung des Kupfers aus den natürlichen Vitriolquellen in Ungarn seit vielen Jahrhunderten angewendete Operation.

Diese ersten Spuren einer Reduction metallischer Lösungen durch andere, den lösenden Säuren näher verwandte Metalle blieben ganz unbeachtet, außer daß sie zu wissentlichen oder unwissentlichen Täuschungen Anlaß gaben. In einer solchen war der Vater des Kupferstechers und Erfinders der Aquatinta Manier, Jügel, befangen, welcher in einem seiner die Goldmacherei und andere chemische Geheimnisse zum Zweck habenden Bücher das ganze Verfahren, Eisen in Kupfer zu verwandeln, angiebt. Er bemerkt dabei, daß allerdings diese Verwandlung des Eisens in Kupfer vorläufig nicht vortheilhaft sei, sondern im Gegentheile viel mehr koste als gekauftes neues Kupfer, er wolle indessen die curieusen Liebhaber aufmerksam machen, wie leichtsinnig es sei, das Verwandeln der Metalle abzuleugnen, da es doch hier auf eine so leichte und einfache Weise geschehe und er wolle bemerklich machen, ob nicht, was im Einzelnen theuer sei, sich im Großen vielleicht sehr wohlfeil stelle.

Dies ist auch allerdings der Fall; wo die Natur das Geschäft der Vitriolbildung im Großen treibt, wo die Tagewasser dasselbe auflösen und in unerschöpflichen Bächen zu Tage fördern, da wirft man die Bäche entlang verrostetes Eisen lastenweise hinein und zieht nach einigen Wochen Kupfer dafür heraus, so macht man es in Schweden und Ungarn; wo man jedoch das Kupfervitriol als Waare kaufen muß und wäre es auf Cypern selbst, woher das beste und reichhaltigste kommt, da kann diese Operation nur mit pecuniärem Nachtheil, nie mit Vortheil gemacht werden.

Trotz dieses Vorganges, trotz der Benutzung desselben zur Gewinnung von Kupfer, ist man doch nicht aufmerksam genug gewesen, um seinen Ursprung zu verfolgen, ja selbst, als er mit der Elektricität in Verbindung gebracht wurde und sich interessante Thatsachen herausstellten, blieben sie doch, wenn auch nicht gänzlich unbeachtet, so doch unbenutzt. Im Jahre 1821 schrieb schon Kastner in seinem Lehrbuch der Experimentalphysik, er habe gefunden, daß eine Silbermünze, welche man in eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd lege und innerhalb derselben mit einem Zinkstäbchen berühre, sich überall mit Kupfer überziehe; er ließ jedoch den Nieder-

schlag nicht stark genug werden, noch nahm er ihn von der Münze ab, sonst wäre er unzweifelhaft der Erfinder der Galvanoplastik geworden, welche beinahe 20 Jahre später durch Jakobi auftrat, denn in diesem Vorgange liegt bereits der ganze galvanische Ueberkupferungsprozeß und vielleicht haben die Aegypter denselben bereits gekannt. Dies wenigstens ist in neuester Zeit zur Gewißheit geworden, daß, als die Gräber von Theben und Memphis benutzt worden, eine ähnliche Kunst betrieben ist. Man hat nämlich daselbst in diesen neu aufgedeckten Gräbern mancherlei größere und kleinere Urnen und andere Gefäße gefunden, welche mit einem dünnen Metallüberzuge, der sich höchst genau an die Formen der Gefäße anschloß, bekleidet waren. Unter dem Mikroskop zeigten diese metallische Bedeckungen ganz dasselbe Gefüge wie galvanisch niedergeschlagenes Kupfer. Auch ganze Figuren in Lebensgröße fand man daselbst von Metall, welche jedoch nur ein sehr geringes Gewicht hatten, unmöglich gegossen sein konnten und eben so wenig getrieben, indem die Oberfläche nirgend den Schlag eines Hammers verrieth. Man muthmaßt daher, daß sie nach Art unserer galvanischen Verkupferungen dadurch gebildet sind, daß man zuerst ein leicht bildsames und leicht schmelzbares Material, wie etwa Wachs, zu der verlangten Gestalt formte, bossirte, dann dieses mit einem leitenden Ueberzuge, z. B. Graphitpulver, versah und nunmehr den galvanischen Kupferniederschlag darauf brachte. Hatte dieser die nöthige Stärke erlangt, so konnte das Material, welches gebraucht war, um den Ueberzug aufzunehmen, leicht durch Schmelzung entfernt werden. Dies ist ein Verfahren, welches jetzt allgemein im Gange ist und da es so sehr natürlich, so ist es wohl denkbar, daß man es vor tausenden von Jahren schon gehabt, denn es gehört dazu nichts weiter als das cyprische Vitriol, welches älter ist als Memphis und Theben und ein Stück eines positiven Metalles — Zink als bestes voran — dieses aber müssen sie damals gehabt haben, da man sehr viel eigentliches Messing (nicht Bronce aus Kupfer und Zinn, sondern die schlechtere Sorte aus Kupfer und Zink bestehend) in den alten Grabstätten findet.

Die hier angegebenen Notizen führten nicht zur Galvanoplastik, sondern umgekehrt hat diese Veranlassung gegeben, sie zu sammeln, wie es denn so geht, wenn Einer etwas erdacht hat, so kommt ein Anderer, der nicht geschickt genug ist, eine solche Erfindung zu machen und sucht, wo möglicher Weise wohl schon vorher etwas Aehnliches vorgekommen sein könnte und voll Bosheit entreißt er dem Erfinder sein Verdienst, indem er sagt: die Dampfmaschine hast du nicht erfunden, die hat schon vor 1400 Jahren ein alter Jurist in Byzanz gebraucht und damit seine Nachbarn in die Luft gesprengt; die Magnetnadel hast du nicht erfunden, die war schon vor

3000 Jahren in China im Gebrauch; das Pulver hast du nicht erfunden, das kannten schon die Kreuzfahrer unter dem Namen des griechischen Feuers und bei dieser undankbaren Mühe vergißt er gänzlich, daß er selbst das Pulver auch nicht erfunden hat.

Erst zehn Jahre nach dem von Kastner gemachten und von ihm selbst gänzlich ignorirten Versuch, gelang es Wach nach einer in Schweigger's bekanntem Journal für Chemie und Physik mitgetheilten Angabe, mittelst eines einfachen galvanischen Apparats Kupfer aus einer Lösung metallisch niederzuschlagen. Aber auch dieses blieb ganz vereinzelt stehen, wiewohl es nun schon das vollständige, praktische Verfahren war.

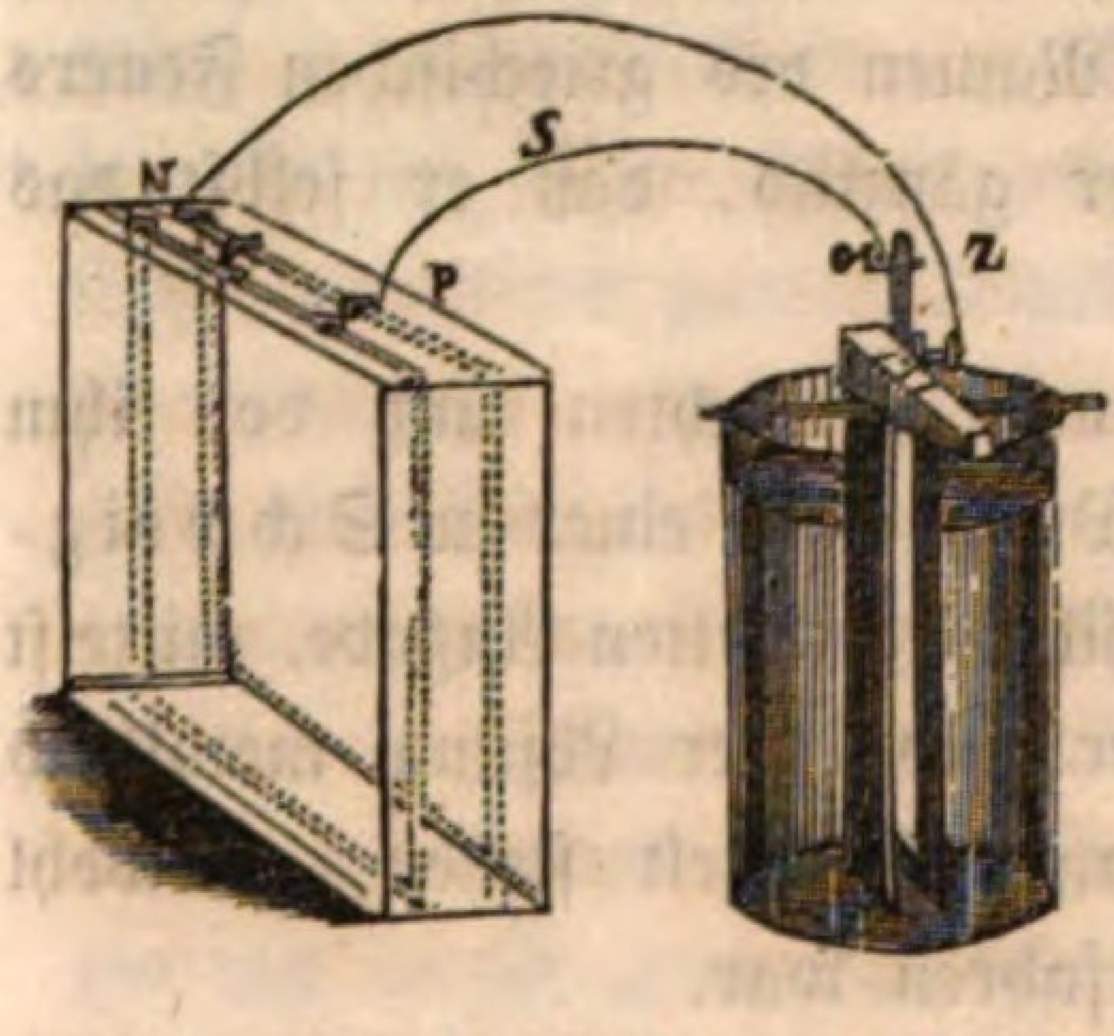
Auch Daniell beobachtete (aber nur zufällig) etwas Aehnliches. Er hatte das Bestreben, eine constante Batterie zu erfinden und kam auf die bekannte Zusammenstellung, welche seinen Namen trägt. Dabei bemerkte er, daß Kupfer sich aus der Lösung von Kupfervitriol metallisch niederschlage auf dem negativen Metall seiner Zellen, da indessen sein Hauptaugenmerk nur auf die Bildung seiner Batterie ging, so nahm er hiervon nur ganz vorübergehend Notiz.

Endlich erwähnte noch im Jahre 1837 de la Rive der Ablagerung des metallischen Kupfers aus Auflösungen dieses Metalles unter Nachbildung der feinsten Formen, der zartesten Eindrücke, aber auch dieses wurde noch nicht berücksichtigt, bis endlich im Jahre 1838 Professor Jacobi treue und schöne Copien von Medaillen darstellte und darauf aufmerksam machte, daß man die Reduction des Kupfers auf galvanischem Wege zu Kunstzwecken verwenden könne. Er nannte diesen Prozeß den galvanoplastischen.

Unmittelbar nachdem diese Entdeckung in England bekannt geworden war, kündigte Spencer daselbst an, daß er Medaillen in Kupfer copirt habe und er nannte sie Elektrotypen und Voltatypen. Hier ist fast unzweifelhaft eine Kenntniß des Jacobi'schen Verfahrens vorangegangen und der Engländer hat sich ein fremdes Gebiet angeeignet, was ja daselbst (für Engländer) nichts Neues und nichts Ungewöhnliches ist.

Der nächste Fortschritt in dieser technisch so wichtig gewordenen galvanischen Operation ward im Jahre 1840 durch Mason gemacht, welcher den elektrischen Apparat von demjenigen, an welchem die Reduction vor sich ging, trennte. Fig. 146 (S. 500) zeigt die Anordnung, rechts sieht man ein möglichst constantes Element (er wandte ein Daniell'sches aus Kupfer und Zink an) von nur geringer Stromstärke, nebenbei, auf der Zeichnung links, steht ein viereckiger Kasten, der von jedem beliebigen Material, Holz, Porzellan, Glas, Thon, nur nicht von Metall sein darf. Um das Innere zu zeigen, ist derselbe hier von Glas gedacht.

Fig. 146.



Die punctirten Linien im Innern des Kastens deuten zwei Kupferplatten an, welche beide in einer gesättigten Vitriollösung stehen und also keine Wirkung auf einander haben können; soll eine solche entstehen, so müssen sie durch Verbindung mit dem galvanischen Apparat erst zu einer Anode und einer Kathode werden. Der Zweck ist hier, daß auf der einen der Kupfertafeln sich Kupfer niederschlagen, daß die Kupferlösung aber in gleicher Stärke bleiben soll, dadurch, daß von der andern Kupfertafel so viel durch die frei werdende Säure aufgelöst werde, als sich an der zu copirenden niederschlägt.

Es geschieht das Geforderte wirklich, denn die eine nachzubildende Tafel (z. B. ein Kupferstich, nicht der Abdruck, sondern die gestochene Tafel) befindet sich in Verbindung mit dem Kupfer des galvanischen Elements durch den Draht *PS* und wird dadurch zur Kathode oder der negativen Elektrode, an welcher sich die elektropositiven Substanzen, der Wasserstoff und die Metalle niederschlagen, die andere Platte, welche das Material hergiebt, ist durch den Draht *NZ* mit dem Zink des Daniell'schen Elements verbunden und ist dadurch zur positiven Elektrode in dem Zersetzungsapparat geworden.

In diesem Apparat aber scheidet sich am positiven Pol die Säure aus und während am negativen das Metall aus der Lösung tritt, nimmt die frei gewordene Säure am positiven Pol eben so viel Metall auf, daher sich die Stärke oder Concentration der Lösung gleich bleibt.

Es wurde auf diese Art der erste Kupferstich nachgebildet und das „London Journal" enthält schon im April des Jahres 1840 Abdrücke so gebildeter Kupferplatten, welche zwar grundschlecht und geschmacklos sind, doch als Erstlinge dieser Kunst einiges Interesse haben.

Die galvanische Vergoldung ist übrigens viel älter als die Galvanoplastik und de la Rive, welcher gewöhnlich als der Erfinder derselben genannt wird, ist dies keinesweges, sondern der Italiener Brugnatelli. Diese Leute haben seit einigen Jahrhunderten so wenig für das physikalische Wissen gethan, Leute wie Torricelli, Galilei, Spalanzani, Volta, stehen so vereinzelt da, daß man ihnen ja nicht noch den Ruhm eines ihrer Landsleute entziehen darf.

Brugnatelli schrieb im Jahre 1803 an einen gelehrten Freund, von Mons: „ich habe vor Kurzem zwei sehr große Medaillen auf eine sehr

vollkommene Weise vergoldet, indem ich dieselben durch einen Stahldraht mit dem negativen Pole einer Volta'schen Säule in Verbindung brachte und sie in goldsaures Ammoniak, das frisch dargestellt und gesättigt war, eintauchte."

Man sieht hier schon das ganze Verfahren eingeleitet, ja Dr. Cornelius braucht bei Mittheilung dieser Thatsache sogar den Ausdruck: „dieser Prozeß weicht in keinem Stücke von dem jetzt angewandten Verfahren ab und man könnte denselben als den Anfang der Galvanoplastik betrachten, da es das erste Beispiel ist, daß ein Metall zu Kunstzwecken durch Galvanismus reducirt ist."

Es hat sich natürlich seit jener Zeit die Galvanoplastik vollkommen zu einer practischen Technik ausgebildet und es giebt drei verschiedene Methoden, welche befolgt werden und sonderbarer Weise hört man in jeder Fabrik, in welcher eine dieser Methoden angewandt wird: „die beiden andern sind durchaus unbrauchbar und liefern nur ganz schlechte Resultate!"

Die zuerst angeführte, die einfachste, wird in den meisten der Berliner galvanoplastischen Anstalten angewendet. Man hängt in die Metalllösung die zu überziehende Substanz, oder die auszufüllende Form, welche durch ihren leitenden Ueberzug zugleich die negative Platte des Volta'schen Elements darstellt; in einen Schlauch, in ein Thongefäß, in ein mit Pergamen überzogenes Holzgerippe, welches der Größe des zu verkupfernden Gegenstandes entspricht, bringt man den positiven Theil des Plattenpaares, verquicktes Zink. Beide Theile werden nun verbunden durch einen metallischen Leiter und sobald dies geschieht, tritt die chemische Action ein. Es ist hier ein einfaches, constantes Element, zwei verschiedene Metalle in zwei verschiedenen Flüssigkeiten.

Diese höchst einfache Methode hat den Vortheil, daß man in ein großes Gefäß mit Kupferauflösung so viele Gegenstände bringen kann, als dasselbe nur räumlich zu fassen vermag. Der Verlauf der Operation geht bei allen den einzelnen Gegenständen auf ganz gleichmäßige Weise vor sich.

Ist die Operation einige Zeit im Gange gewesen (einen Tag — auch mehr oder minder, nach der Stärke der verdünnten Säure, in welcher das Zink steht, worauf die Lebhaftigkeit des Stromes sich stützt, den übrigens möglichst schwach zu machen von Wichtigkeit ist, weil das im langsamen, schwachen Strome niedergeschlagene Metall bei weitem fester und dichter ist, als das im starken Strome gefällte), so muß man natürlich dieselbe unterbrechen, um das neu gewonnene Metall zu reinigen, die Säure oder das

Salzwasser, in welchem Zink steht, zu erneuern, dann aber beeilt man sich, das Ganze wieder in die metallische Flüssigkeit zu senken.

Ist der Apparat so construirt, daß der zu verkupfernde Gegenstand unter dem Zinkelement liegt, so thut man wohl, an den Boden des Gefäßes, in welchem das Zink befindlich, ein Uhrglas zu legen, welches die Rundung desselben möglichst ausfüllt. Es löſ't sich nämlich von dem Zink hie und da ein Körnchen ab, dies fällt auf die vorgespannte Haut, nach und nach vermehrt sich die Menge der Pünctchen und Körnchen und es tritt eine neue chemische Thätigkeit ein, es schlägt sich aus der Lösung Kupfer an dem Diaphragma nieder, welches so weit gehen kann, daß es nicht mehr durchlassend ist und also, da ein Abnehmen des Kupferniederschlags nicht gelingt, ohne die Haut zu zerreißen, entfernt und durch ein anderes ersetzt werden muß.

Die zweite Art, wozu auf S. 500 eine Zeichnung gegeben, besteht darin, daß man das galvanische Element absondert von dem zu überkupfernden und daß der Gegenstand, welcher überkupfert werden soll, aufhört, ein Theil des Elementes zu sein, zu einer Elektrode (der Kathode) herabsinkt.

Es hat auch diese Art, das Experiment anzustellen, seinen Vortheil und wird dies Verfahren z. B. in Gotha zur Vervielfältigung der Karten ausschließlich geübt, der einzige Unterschied besteht darin, daß die zu vervielfältigenden Platten horizontal liegen, und parallel mit denselben die Anode (gleichfalls eine Kupferplatte) in ein Paar Zoll Entfernung darüber liegt, indessen in der Zeichnung Fig. 146 diese beiden Platten senkrecht stehen.

Es müßte der Theorie nach die eine Behandlungsart ganz dasselbe Resultat liefern, welches die andere bietet. Die Erfahrung hat dem Dirigenten der galvanischen Vervielfältigungsanstalt in Gotha gezeigt, daß die Methode, die Platten senkrecht zu stellen, durchaus unpractisch sei, dagegen hat die Erfahrung dem Dirigenten einer ähnlichen Anstalt in Frankfurt a. O. gezeigt, daß die Methode, die Platten horizontal zu legen, durchaus unpractisch sei, und dabei liefern beide Anstalten mit der von der andern für unpractisch erklärten Methode Kupferplatten, welche 5000 Abzüge aushalten.

Soll ein Gegenstand blos mit Kupfer überzogen werden, so kommt es auf den fernern Zweck an, wie stark der Ueberzug sein soll; für eine zarte Gypsfigur, welche die Consols eines Zimmers schmücken wird, ist dafür eine feine Papierdicke genügend, will man dagegen lebensgroße Figuren auf den Giebel eines Daches oder in einen Garten stellen, wo Wind, Regen, Frost darauf wirken, so muß der Ueberzug doppelt und dreifach so dick sein,

und was an Feinheit der Formen auch etwa verloren geht, die Entfernung, aus der man die Figuren sieht, macht dies wenig bemerkbar, und die Dauerhaftigkeit ersetzt jenen kleinen, kaum fühlbaren Verlust.

Soll aber der Gegenstand vervielfältigt werden, so ist ein ganz appartes Verfahren nöthig. Der Körper, welcher vervielfältigt werden soll, bekommt zuerst einen Ueberzug, welcher die Form für die Vervielfältigung bildet.

Um bei einem einfachen Beispiele stehen zu bleiben, wollen wir einen Kupferstich, eine Karte wählen.

Der Stich ist vertieft, ein galvanischer Niederschlag, welcher sich der gestochenen Platte auf das Genaueste anschließt, giebt natürlich überall, wo die Originalplatte Vertiefungen hat, Erhöhungen, aus den eingeschnittenen Linien werden bei dem Abdruck erhaben liegende Fäden; man nennt solche eine Reliefplatte, der Buchdrucker würde sie Patrize nennen, so wie er einen Gypsabdruck zum Stereotypiren, oder so wie er die vertiefte Form für den Guß seiner einzelnen Buchstaben Matrize nennt.

Von solcher Reliefplatte aber kann man keinen Abdruck auf Papier nehmen, das Verfahren muß also wiederholt werden und dann erst ist ein solcher zu gewinnen, die Reliefplatte ist nichts als das Zwischenglied zur Gewinnung einer zweiten gestochenen Kupferplatte.

Auf die Reliefplatte läßt man, nachdem sie die Stelle der ersten Kupferplatte eingenommen, sich neues Metall reduciren. Dieser Niederschlag muß stärker sein, als der erste und bei ihm besonders muß man auf eine gleichbleibende, aber schwache Strömung sehen, weil das Metall dadurch um so dichter wird und dies ist bei einer Kupfertafel, welche 5000 Mal bald in die Länge bald in die Quere durch die Druckerwalzen gehen soll, nichts Geringes. An manchen Orten legt man deshalb unter die nicht sehr stark gewordene Kupferplatte eine Tafel von Eisenblech, zu den Abdrücken, welche man dort haben will (Fayence-Teller mit Bildern, Randvignetten oder sonstigen Verzierungen zu versehen), vielleicht sehr gut, jedoch um eigentliche Kunstwerke wieder zu geben, wohl kaum anwendbar.

Zur Anode, von welcher im galvanischen Strom das Kupfer abgelöst wird, welches auf die Kathode niederfällt, muß man sehr gutes Metall in gewalzten und gereinigten Platten anwenden. Von alten abgenutzten Kupferstichen kann man die Rückseite anwenden, nachdem sie gescheuert ist, nicht aber die Vorderseite, weil die tieferen Striche auf derselben den Zusammenhang der neugewonnenen Kupferplatte unterbrechen; abgebrauchte, galvanisch gewonnene Tafeln sind jedoch durchaus nicht anwendbar, sie geben ein ganz sprödes, brüchiges Material, was sich nicht eignet, Abdrücke davon

zu erhalten; nach einigen Versuchen, und werden sie noch so behutsam angestellt, zerbröckelt die neu gewonnene Kupferplatte.

Ist die Tafel, welche man auf die gedachte Art herstellen will, nur etwa von der Größe einer Quartseite, so genügt ein Daniell'sches Element, bei der Größe eines Quadratfußes muß man wenigstens zwei haben und man steigt zuweilen auf drei Elemente, wenn die Kupfertafel noch ausgedehnter ist. Auch die Größe der Elemente steigt im Verhältniß der Ausdehnung der Kupfertafel, die Säuren aber, oder das Salzwasser, in welcher das Zink befindlich, werden immer und absichtlich sehr schwach genommen, weil dadurch der Strom um so gleichmäßiger ist.

Um sich selbst zu vergewissern, daß dieser Strom gleichmäßig sei, schaltet man in dem Leitungsdraht einen Regulator ein und ferner eine Magnetnadel, an welcher man die Stärke des Stromes beobachten kann.

Auf S. 428 dieses Buches haben wir bereits davon gesprochen, daß der elektrische Strom die Magnetnadel von ihrem Wege ablenkt, er thut dies um so mehr, je stärker er ist, daher hat man in der Stellung einer Magnetnadel, über welche ein elektrischer Strom hinweg geht, ein sehr genaues Maß dieser Stärke. Je länger der Leiter ist, welchen der elektrische Strom durchläuft, desto mehr Widerstand findet er, desto schwächer ist er also. Schaltet man nun in den Draht, welcher die Elektricität zu Anode und Kathode führt, hundert Fuß eines starken Widerstandes, z. B. Neusilberdraht ein und nimmt man nun die Stellung wahr, welche die Magnetnadel hat (wir wollen sagen, sie erleide eine Ablenkung von 30 Graden), so wird man natürlich bei Hinweglassung der 100 Fuß Draht sie auf 70—80 Grad abgelenkt sehen. Der Draht also nimmt dem Strom einen bedeutenden Theil seiner Stärke.

Mit der Einschaltung auf 30 Grad stehend, wird sie doch nach einer Stunde nur noch auf 28 Grad stehen, jetzt entfernet man einen Theil des Drahtes, bis sie wieder auf 30 Grad steht. Der Strom ist schwächer geworden, er überwindet nicht mehr den ganzen Widerstand. Abermals nach einer Stunde wird die Nadel wieder nur auf 28 Grad stehen, man läßt nochmals so viel von dem eingeschalteten Leiter aus der Verbindung, bis die Nadel wieder auf 30 Grad zeigt und so wird man fortfahren können, bis bei Hinweglassung aller hundert Fuß die Nadel auch nichts weiter als 30 Grad zeigt und man hat auf diese Weise den Strom trotz seiner Abnahme in stets ziemlich gleicher Stärke erhalten.

Auf solche Weise kann der Strom natürlich dergestalt geregelt werden, daß nicht einmal ein halber Grad Unterschied in der Ablenkung der Magnetnadel erreicht wird und mit einem auf solche Weise gleichförmig erhal-

tenen Strome, ließen sich höchst vortreffliche Resultate erzielen. In der Gothaer Anstalt ward auf solche Weise eine Karte von beinahe vier Quadratfuß copirt und sowohl die Patrize als die Matrize war ohne Tadel und konnte als eins der größten technischen Prachtwerke die erste allgemeine Ausstellung, die in Berlin im Jahre 1844 gehaltene, zieren.

Es giebt nun noch eine dritte, auch sehr häufig angewandte Methode der galvanischen Ueberkupferung und Vervielfältigung. Diese wird im großartigsten Maßstabe angewendet in der galvanoplastischen Fabrik von Schneider und Comp. in Frankfurt a. O.

Wenn bei der ersten Art der zu verkupfernde Gegenstand selbst das galvanische Element war, wenn bei der zweiten Methode ein jeder seine eigene Batterie fordert, so ist hier eine sehr große Batterie für alle Gegenstände zugleich eingerichtet.

Die Batterie ist eine Grove'sche von sehr kleinen Dimensionen, die Platinplatten sind zwei Zoll lang und kaum ¾ Zoll breit, aber es werden 250 als eine lang geschichtete Säule angewendet. Vom positiven wie vom negativen Pole gehen Drähte aus, welche sich nach den verschiedenen Gefäßen wenden, in denen hier eine Kupfer-, dort eine Silber-, da eine Goldauflösung steht, an den Drähten hängen die zu überziehenden Gegenstände und ihnen gegenüber die Anoden, von denen sie das nöthige Material entnehmen, was durch die Flüssigkeit zur Kathode geht.

So wird auch hier dasselbe Resultat auf eine andere Art gewonnen, allein ein merkwürdiger Umstand zeigte sich bei der Anlage dieser Fabrik. Eine lange Reihe von Versuchen war erforderlich, um dahin zu gelangen, etwas Brauchbares zu liefern und der Werkführer verzweifelte schon an der Möglichkeit irgend etwas zu erzielen, bis er auf einen Gedanken kam, den er, wenn er Physiker gewesen wäre, gewiß als thöricht verworfen hätte, auf den er nur kommen konnte, weil es ihm an den nöthigen Kenntnissen fehlte.

Der Conductor ist ein wesentliches Erforderniß für die Reibungselektricität, diese ist eine Flächenkraft. Ist die Elektricitätserregung groß, so muß auch der Conductor groß sein. Die Berührungselektricität wirkt als Strom, ist das Bette, um den Strom zu fassen, groß genug, so bedarf man weiter nichts, also ein gut leitender Draht ist der Conductor für die Volta'sche Säule, eines Weiteren hat man niemals bedurft.

Nicht so bei der Fabrikanlage in Frankfurt, an jedem Pol der Säule mußte ein Conductor angebracht werden, wie ihn außer der Wilson'schen im Pantheon zu London nie eine Elektrisirmaschine gehabt. Zwei Zuckerfässer von 4 Fuß Höhe und 4 Fuß Durchmesser, also jedes ungefähr von

80 Quadratfuß äußerer Oberfläche, wurden ganz mit Staniol überklebt, an seidenen Schnüren aufgehängt und von diesen Conductoren wurden aus jeder beliebigen Stelle Leitungsdrähte nach den Fässern mit der Kupferlösung oder den Porzellan- oder Glasgefäßen mit der Gold- und Silberauflösung geführt und nun gelang jeder metallische Niederschlag vollkommen.

Es muß durch diese gewaltige Ausbreitung des galvanischen Stromes eine große Schwächung des Apparates bewirkt worden sein, vielleicht wäre Alles ganz gut gelungen, wenn man die Batterie von 250 auf 50 Plattenpaare reducirt hätte; dies wenigstens ist durch Experimente längst festgestellt, daß ein elektrischer Strom an Energie gewinnt, je enger das Strombett wird, verliert, je weiter dasselbe ist. Der nämliche Strom, welcher einen Eisendraht von $\frac{1}{10}$ Linie Durchmesser schmilzt, bringt einen eben so langen Draht von $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke nicht einmal zum bemerkbaren Wärmerwerden.

Vielleicht war es diese Abschwächung, welche nöthig gewesen, um dem Apparat die erforderliche niedere Spannung zu geben.

Welche von den drei sehr verschiedenen Methoden man auch anwende, für das Anlagekapital dürften sie sich wahrscheinlich nicht von einander unterscheiden, denn ob man für zweihundert Gegenstände eine große Batterie oder für jeden derselben ein einfaches Element anschafft, das kostet wohl eines und dasselbe, auch ist ein Grove'sches Element von $1\frac{1}{2}$ Quadratzoll gar nicht theurer als ein Daniell'sches von $\frac{1}{2}$ Quadratfuß.

Die kleinen technischen Fertigkeiten, welche nöthig sind zum Gelingen der Operationen, erwirbt man sich sehr bald, da es jedoch manchen unserer Leser interessiren möchte, einige Versuche der Art zu machen, wollen wir das Wesentlichste anführen.

Man beginnt gerne mit dem Nachbilden von Münzen, kann sich aber seine besten Freunde damit erzürnen, denn man verdirbt ihnen die geliehenen Sachen gewöhnlich. Da thut man denn vorläufig am Besten mit ganzen und halben Thalerstücken, mit Gulden und Groschen anzufangen, denn ohne vorherige Uebung darf man sich durchaus nicht an etwas Werthvolles wagen, das Kupfer bleibt auf dem Silber fest sitzen, es trennt sich stellenweise und muß von andern Stellen weggekratzt, ja weggemeißelt werden; der Thaler, bei dem dieses geschieht, leidet darunter nicht, d. h. er verliert nichts von seinem Geldwerthe, mit den Münzen jedoch, welche einen meistens eingebildeten Werth haben, ist dies ein anderes, ihr Preis liegt in ihrer Seltenheit und in der Art, wie sie mehr oder minder wohl erhalten sind.

Vor allen Dingen muß man vermeiden, die Münzen sich auf beiden Seiten mit Kupfer bedecken zu lassen, man bestreicht sie daher mit einem

weichen Deckgrund, dazu ist das schlechteste Material ganz gut, gewöhnliches Pech, welches an sich schon zähe (nicht spröde wie Colophon) ist, durch Zusatz von etwas Wachs noch weicher gemacht werden kann.

Das zerlassene Pech wird mit einem Pinsel aufgestrichen, nachdem man einen plattgeschlagenen, dünnen Kupferdraht an die Münze gebunden hat, der nun auch von dem Harz bedeckt wird. Sobald der Ueberzug kalt geworden, schneidet man die Fäden weg, mit denen der Draht befestigt war, denn die Befestigung durch das Pech genügt um so mehr, als man dieselbe dick genug auftragen kann und der Rand der Münze gleichfalls beharzt werden muß.

Ist dieses geschehen und ist die Vorderseite gereinigt, getrocknet, so bringt man auf eine Flocke reiner Baumwolle einen Tropfen Rosmarinöl und wischt hiermit über die Vorderfläche, jedoch so, daß überall die Münze davon überfahren wird. Sehen darf man dies natürlich nicht, Perlchen dürfen nicht darauf stehen bleiben, so wenig wie in den Rändern und Winkeln der Schriftzüge Spuren davon übrig bleiben dürfen.

Es wird hierdurch die Leitungsfähigkeit des Metalles nicht im Geringsten vermindert, wohl aber die Adhäsion des Niedergeschlagenen an dem Modell so verringert, daß ein Lösen des Ersteren vom Letzteren nunmehr ganz leicht ist.

Der eingekittete Draht, welcher durch die festhaltenden Fäden soweit geschützt ist, daß er wenigstens an einigen Stellen die Münze berührt, dient, um diese mit der negativen Elektrode in Verbindung zu bringen; hat man diese bewerkstelligt, so legt man die Münze unter den mit einer Blase verbundenen Cylinder, oder unter das Thongefäß, in welchem das Zink befindlich und in wenigen Minuten wird man sehen, daß ein rother Ueberzug von frisch niedergeschlagenem Metall die Münze bedeckt.

Je nach der Stärke, welche man verlangt, läßt man den Apparat 20, 30 und mehr Stunden unverändert, außer daß man dafür sorgt, daß immer genug Kupfervitriolkrystalle in der Lösung vorräthig und daß man, sobald der Niederschlag aufhört, rein rosenroth zu erscheinen, die Münze aus der Flüssigkeit herausnimmt und in Wasser abbürstet, dann aber wieder an ihren Ort bringt.

Ist diese Vorschrift befolgt worden, so trennt sich der Ueberzug von Kupfer ohne die mindeste Schwierigkeit von der Münze, denn das Kupfer überwächst sogar einen geringen Theil der Pechbedeckung und man kann mit dem Nagel des Fingers schon die Spalte öffnen, welche nöthig, um nach und nach das Trennen zu bewirken.

Man verfährt, wie sich's denken läßt, mit der anderen Seite der

Münze eben so, wie mit der erstern, und da die Münze nicht wie ein Petschaft vertieft, sondern erhaben ist, so hat man von derselben eine Matrize erhalten.

Diese wird nun gebraucht, um daraus das eigentliche Nachbild des Originales (von dem das erstgewonnene ein verkehrter Abdruck ist) zu erhalten. Eine Auflösung von Silber in Salpetersäure, stark verdünnt, wird auf die Seite des Kupferniederschlages, welche den Abdruck enthält, aufgetragen, mit einem Pinsel vertheilt und abgewaschen und wieder aufgetragen, bis sich ein leichter Anflug von Versilberung zeigt, was sehr bald, in weniger als einer halben Minute geschieht.

Nach sorgfältigem Waschen und Trocknen in warmen Sägespänen wird die hohle Münze mit Rosmarinöl überwischt, was hier durch einen Pinsel noch viel sorgfältiger aufgetragen werden muß, als auf die erhaben geformte Münze und was auch eben so sorgfältig wieder entfernt wird, damit nicht Tröpfchen in den Vertiefungen der Buchstaben haften bleiben und die Schärfe des Abdruckes beeinträchtigen. Dennoch muß eine Spur des Oeles zurückbleiben, um das Anhaften zu verhindern.

Die Rückseite der halben Formen wird, wie vorher die Münze selbst, mit Pech überzogen und nunmehr so verfahren, wie bereits beschrieben, bis man zwei Hälften von hinlänglich dicken Abdrücken erhalten hat, die man auf der Rückseite gerade feilen und mit Zinn über einer Spiritusflamme zusammenlöthen kann, worauf man eine so täuschende Nachbildung des Originals hat, daß ein Kenner selbst Echtes vom Unechten nicht würde unterscheiden können, wenn die so bereiteteten Münzen Klang hätten.

Der Verfasser hat ganze Münzsammlungen aus lauter solchen Abdrücken gesehen und war höchlich überrascht durch die ungemeine Schönheit, besonders aber durch die frische Rosenfarbe, welche alles Kupfer hatte, das sichtbar nicht gefirnißt war, wodurch die Abdrücke sehr verloren hätten. Kupfer läuft durch Luft und Feuchtigkeit sehr bald an, der Besitzer hatte, um die Luft von seinen Münzen abzuschneiden, sie mit Spiritus gewaschen und diesen auf den Kupferflächen trocknen lassen. Dadurch hatten sie einen durchaus nicht wahrnehmbaren Ueberzug erhalten, der sie doch selbst gegen die Unsitte der Beschauer, die Münzen mit den feuchten Fingern auf der flachen Seite zu fassen, schützte.

Das Nachbilden von Kupferstichen oder Karten geht eben so leicht von Statten, wenn man nur die Versilberung um ein ganz Geringes stärker macht, eben so hinsichts des Ueberzuges von Rosmarinöl verfährt; beides darf aber nie so weit getrieben werden, daß eine wirkliche Bedeckung erfolgt,

auch die Versilberung darf nicht weiß sein, sie muß, wie ein blasser Hauch, ein Anflug, das Roth des Kupfers durchschimmern lassen.

Hat man einen hinlänglich starken Niederschlag auf der Kupfertafel veranlaßt, so nimmt man sie aus der Vitriollösung, wäscht und trocknet sie, hierauf wird die rauhe Oberfläche der neu gewonnenen Tafel geglättet, mit breiten Feilen oder mit einem Metallhobel bearbeitet, dann erst wird der überstehende Rand weggenommen, bis man mit den Augen unterscheiden kann, daß zwei zusammen gewachsene Platten nebeneinander liegen.

Bei diesem Abfeilen muß man behutsam verfahren, weil man sonst sehr leicht die Originaltafel beschädigt, mit jedem Feilstrich, den man zuviel giebt, wird dieselbe um Etwas verkleinert, was, wenn es auch gering ist, doch bei wiederholter Vervielfältigung endlich bemerkbar wird.

Hat man die überwachsenen Kanten des Kupferniederschlages durch die Feile entfernt, so sucht man von den Ecken diejenige aus, welche der Schneide eines Federmessers am leichtesten Eingang verspricht. Mit dieser öffnet man sich einen kleinen Spalt mit möglichster Vorsicht, um durch den Stahl das weiche Kupfer nicht zu verletzen. Hat man einen solchen Spalt, so nimmt man statt des Messers von Stahl ein solches von Knochen, ein Pfalzbein, und macht, indem man von den Ecken aus an einer Kante zwischen den beiden Platten hinfährt, eine Strecke los.

Ist dies geschehen, so braucht man nur mit jeder Hand eine Tafel zu fassen, mit den Nägeln in den geöffneten Spalt zu greifen und so ziehend die Tafeln zu trennen, sie lassen über die ganze Fläche los, mit einem Geräusch, als ob man einen Bogen Papier zerreiße.

Wenn man sich eine Fertigkeit in dergleichen Künsten verschaffen will, so ist es sehr gut, wenn man sich ein Paar alte Kupfertafeln von einem Trödler kauft und nicht gleich mit einer noch brauchbaren Tafel anfängt, denn es ist doch möglich, daß der kalte Metallguß mißlingt und dann ist der Verlust groß, hat man jedoch eine werthlose Kupfertafel, so ist der Schaden gering. Die alte gebrauchte Tafel muß jedoch, bevor man sie zur Vervielfältigung anwendet, sorgfältig gereinigt werden und dies kann nur durch eine sehr concentrirte Lauge geschehen, welche die eingetrocknete Schwärze in den gravirten Zügen erweicht und auflöst. Bevor die Züge nicht so rein sind wie blankes, frisch bearbeitetes Metall, kann man keinen Niederschlag machen.

Je größer die Tafeln sind, desto wichtiger ist es, daß der Strom der Elektricität ein sehr langsamer sei, bei einer zu lebhaften Thätigkeit fällt das Metall als Pulver mit verbindendem Schlamm auf die Kathode nieder und ist völlig unzusammenhängend, macht man den Strom schwächer, so

hat das Kupfer zwar Zusammenhang, ist jedoch krystallinisch, dadurch also brüchig, nur wenn bei einer mäßig niedrigen Temperatur (10—12 Grad über Null) der Strom sehr schwach gehalten ist, bekommt man einen zwar langsam wachsenden, jedoch sehr festen und schönen metallischen Niederschlag. Man hat ein gutes Maß für die Regulirung des Stromes in den Vitriolkrystallen, welche man in einem Netz auf der Kupferlösung hängen hat; verschwinden dieselben schnell, so ist der Strom zu heftig, das Verzehren derselben muß außerordentlich langsam geschehen. Man hat die Stärke des Stromes in seiner Gewalt durch Verdünnung der Säure, in welcher das Zink steht und durch Veränderung der Entfernung zwischen Anode und Kathode, je größer diese Letztere und je schwächer die Säure ist, desto langsamer und gleichmäßiger ist der arbeitende Strom.

Um Medaillen wirklich darzustellen, wird man sich gewöhnlich des Prägens viel lieber bedienen, als der Darstellung durch galvanischen Niederschlag, weil das erstere in der Regel viel einfacher ist, allein wenn die Medaillen größer werden, reicht ein Schlag nicht hin, und ist dieses der Fall, so muß die Münze wieder ausgeglüht werden, um abermals den Eindruck des Prägestockes anzunehmen, bei großen Modellen kann es zehn und zwanzig Schläge erfordern, ja die größte, welche jemals geprägt worden ist, von dem als Münzmeister hoch berühmten Bouton zu Birmingham in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Stahl geschnitten, beinahe ¼ Elle im Durchmesser haltend, wurde mit der größten Balanciermaschine 300 mal geschlagen, bevor sie alle Feinheiten zeigte.

Bedenkt man nun die Arbeit des Stahlschneidens, des Prägens, und 300maligen Ausglühens (ja wäre es auch nur ein zwanzigmaliges), so leuchtet ein, daß die Herstellung durch die Galvanoplastik doch wohl weniger umständlich, im Ganzen aber viel leichter sei, denn man kann das Modell von Hause aus erhaben machen, was jedenfalls viel leichter ist, als der vertiefte Petschaftschnitt, kann das weichste Metall dazu nehmen, denn Blei würde eben so gut anwendbar sein als Kupfer und viel besser als Stahl, und man kann endlich das Ganze beliebig vervielfältigen, indem man sich ein Dutzend oder ein Hundert Matrizen macht, je nach dem Verbrauch, und aus jeder Matrize Hunderte von Abdrücken zieht.

Auf Geld ist diese Kunst allerdings nicht anwendbar, denn dieses wird in zu vielen Exemplaren gebraucht und es muß so beschaffen sein, daß man es wo möglich nicht nachahmen kann, da ist der Klang also ein wesentliches Kennzeichen der Echtheit, denn galvanische Münzen klingen nicht, für eine Medaille aber, die man am Bande trägt, oder die zur Erinnerung an eine bedeutende Begebenheit geschlagen wird, kommt es nicht darauf an, ob sie

klingt oder nicht, wenn sie nur schön und werthvoll ist; das Letztere aber gewährt das Material, denn man kann Gold eben so gut einen Viertelzoll dick niederschlagen wie Kupfer, und das Erstere gewährt der Künstler bei dieser Darstellung mit weniger Aufwand von Kräften als bei dem Graviren eines Stahlstempels. Auch die Verbindung der beiden Hälften kann so vortrefflich gemacht werden, daß man die Löthstelle durchaus nicht sieht.

Formen für die Galvanoplastik.

Wie meine lieben Leser wohl schon bemerkt haben werden, ist bei diesem Fällen des Kupfers aus seinen Auflösungen immer von einem andern Metalle, worauf es sich niederschlagen müsse, die Rede. Wenn hieraus auch nicht unmittelbar folgt, daß es gerade ein Metall sein müsse, was dem Niederschlage zur Grundlage dient, so ist doch der Schluß ganz richtig, daß wenigstens ein leitender Gegenstand nothwendig sei, aber dieser leitende Körper kann überaus dünn, bis zum Verschwinden dünn sein, wenn er nur innern Zusammenhang hat und auf einem Körper ruht, der ihn widerstandsfähig macht, das heißt, man wird jeden andern Körper zur Form brauchen können, wenn seine Oberfläche nur gut leitend ist; dies giebt uns ein Mittel an die Hand, die frembartigsten Gegenstände, welche nicht die geringste Beziehung zur Elektricität haben, nachzubilden, Pflanzen, todte Thiere, Gypsfiguren und Reliefs, Kameen (aus Edelsteinen geschnittene Bildwerke), Petschafte von Siegellak gerade so gut als Münzen *) und Kupfertafeln. Nur solche wird man nicht brauchen können, die sich in Flüssigkeiten erweichen oder gar auflösen, des allgemeinsten Formungsmaterials, des Thones wird man sich also nicht bedienen können, eben so wenig kann man Salze und ähnliche Sachen anwenden.

Ein höchst vortreffliches Material ist jedoch der Gyps. Wenn dieser hinlänglich fein gemalen und gebeutelt ist, so hat er Eigenschaften, welche ihn ganz besonders geeignet machen zu genauen Abdrücken. Aus dem Teig, zu welchem er, frisch gebrannt, angerührt wird, erstarrt er sehr bald, indem er das Wasser bindet und sich, damit verbunden, bedeutend ausdehnt, so daß er mitunter die Formen, in die er gegossen wird, auseinander treibt.

Diese Eigenschaft macht ihn gerade höchst brauchbar, bei dem Aus-

---

*) Diese betreffend, will übrigens der Verfasser bemerken, daß sie, wenn sie von schönem Gepräge und neu sind, durch galvanisches Copiren jederzeit leiden, indem sie wenigstens ihren Glanz, ihre schöne, die Neuheit verkündende Oberfläche verlieren.

dehnen nämlich drängt er sich in jede Falte, Vertiefung und Ritze des Originals, giebt dasselbe also auf das allergetreueste wieder.

Auch Wachs ist sehr brauchbar, und zwar viel mehr, wenn man dasselbe in seinem reinen, aber durch Wärme erweichten Zustand an das Original drückt, als wenn man es schmilzt und darauf gießt; in diesem Falle nämlich verzieht es sich bedeutend, was bei der bloßen Erweichung nicht der Fall ist.

Ein ganz vortreffliches Material, seit kaum acht Jahren bekannt, doch schon zur ungeheuersten Verbreitung gediehen, ist die Guttapercha, welche ganz wie Wachs behandelt, in warmem Wasser bis zu jedem beliebigen Grade erweicht, sich auf das schönste behandeln und sich beinahe noch inniger an das Modell drücken läßt, als Wachs, vor diesem aber den großen Vorzug hat, daß es nach dem Erkalten außerordentlich Widerstand leistend ist, ohne spröde oder gar brüchig zu werden, wie Wachs in der Kälte.

Ganz unbrauchbar ist dagegen zu galvanoplastischen Arbeiten ein sonst zum Abformen sehr geschätztes Material, der Schwefel, indem das Kupfer, wie es im elektrischen Strome auf den Schwefel niederfällt, sich auch sofort mit ihm zu einem Schwefelmetall verbindet, wobei der Abguß sehr stark aufschwillt und dann von der Flüssigkeit aufgelöst wird. Man kann den Schwefel allerdings durch Firniß vor der Berührung mit dem Kupfer schützen, allein die Form wird ungenau und es ist endlich nicht einzusehen, warum man ein schlechtes Material nehmen soll, wenn man deren bessere hat.

Man hat noch ein treffliches Material zum Abformen, besonders feiner Gegenstände, Gemmen, seltener Münzen, Siegel, nämlich die Hausenblase. Diese wird fein zerstoßen, in Spiritus gelegt (2 Loth der erstern auf 1 ¼ Pfund Weingeist) und in eine zugestöpselte Flasche, deren Kork jedoch eine feine Oeffnung hat, damit die Dämpfe, wenn auch mit Schwierigkeit, entweichen können, drei bis vier Stunden lang gekocht. Der schon in der Wärme sehr consistente Gallert wird filtrirt und zum Gebrauche aufbewahrt. Wenn man sich dessen bedienen will, so wird derselbe erwärmt und auf den abzuformenden Gegenstand gegossen, nachdem man demselben einen Rand von Wachs gegeben hat, welcher das Ablaufen hindert. Die Flüssigkeit trocknet zwar langsam, allein es bildet sich eine äußerst feste, sehr schöne und genaue Form ab, welche man nach dem vollständigen Erhärten sehr leicht ablösen kann.

Für große Gegenstände bedient man sich gerne einer wohlfeileren Substanz und diese findet man, wenn nicht Gyps (die allerwohlfeilste) anwendbar ist, in der Stearinsäure, welche mit dem vierten Theile des Gewichtes

mit Wachs versetzt, allen Erfordernissen eines guten Materials entspricht. Stearin allein hat die unangenehme Eigenschaft sich sehr zu verziehen, der Wachs hindert dieses oder mäßigt es wenigstens, man rührt auch in die Mischung gepulverten Graphit, dies macht die ganze Form gleich leitend und es ist dann weiter keine Mühe erforderlich, um die Leitungsfähigkeit hervor zu bringen, dagegen erhält man dadurch eine andere Arbeit, da nämlich die Form nun auch auswendig leitend ist, so muß man sie hier mit Harz oder Firniß, Pech rc. überziehen, um sie nicht leitend zu machen, sonst schlägt sich auf der äußern Seite so viel Metall nieder, als auf der Formseite.

Diese Modelle, Formen, wovon sie auch sein mögen, bezeichnet man gewöhnlich mit dem italienischen Namen Intaglio und bedient sich ihrer nun, um den Gegenstand, von dem man ein verkehrtes und vertieftes Bild hat, aus dem niedergeschlagenen Metall erhaben darzustellen, dazu müssen aber die Intaglios leitend gemacht werden.

Außer beim Wachs und dem Gemisch aus Wachs und Stearin wird man überall einen Firniß haben müssen, beim Gyps aber ist vorher noch eine Vorbereitung unerläßlich, er muß nämlich, wie bereits bemerkt, mit Stearin möglichst durchdrungen werden. In einer Fabrik, wo dieses Material zu Kerzen verarbeitet wird, werden die Gypsmodelle, nachdem sie einen Tag lang in möglichster Nähe eines warmen Ofens gestanden haben, oder, wenn es Sommer ist, nachdem sie zwei Stunden lang in der Mittagssonne gestanden, also wo möglich 30 und mehr Grad Reaumur haben, in die klare, dünnflüssige Fettmasse getaucht und einige Minuten darin hängend erhalten, bis man meint, daß sie sich mit derselben durchsogen haben.

Es ist diese Art, den Gyps widerstandsfähig gegen das Wasser zu machen, besser als das Sieden in Wachs, denn zuerst ist dieser theurer als Stearin, dann aber und vorzüglich dringt er nicht so tief ein in die Gypsmasse, ferner läßt er nicht selten Tropfen und Streifen auf der Oberfläche des Modells, welche entweder den Abdruck entstellen, oder wenn sie entfernt werden sollen, besonders falls die Ueberbleibsel sich in seine Vertiefungen gesetzt haben, einer sehr kunstgeübten Hand bedürfen, was bei Stearin seiner außerordentlichen Dünnflüssigkeit wegen nicht stattfindet.

Welches Material man nun auch zur Form gewählt habe, wenn es nicht Wachs oder das oben gedachte Gemisch ist, man muß es mit Firniß überziehen, um darauf die leitende Substanz auftragen zu können. Am besten thut man, wenn man einen recht guten Leinölfirniß, mit Terpentinöl sorgfältig verrieben und dadurch verdünnt, mit einem weichen Pinsel über die ganze zu copirende Fläche verbreitet, so daß man wohl überall densel-

ben an dem Glanze erkennt, kaum aber fühlt, denn er muß so zart und leicht aufgetragen werden, daß er den Finger nicht beschmutzt.

So dünn aufgetragen trocknet er bald und wenn dies beinahe geschehen ist, verräth er sich den Fingerspitzen dadurch, daß er daran haftet. Nunmehr taucht man einen trockenen Pinsel in sehr zart verriebenen Graphit und überfährt damit die ganze Form in allen, besonders sorgfältig in den feineren, vertieften Theilen. Wo es thunlich, hilft man mit der weichen Fingerspitze so weit nach, daß die runden, erhabenen und flachen Stellen ganz glatt und blank werden, hierdurch wird der Graphit befestigt und zusammenhängend; es ist wünschenswerth, daß dieses auch in den vertieften Stellen geschehe, aber es ist durch den weichen Pinsel, mit welchem allein man dahinein bringen kann, kaum zu erreichen.

An die Stelle des Graphit kann man auch fein zertheiltes Metall, sogenanntes Broncepulver setzen, Graphit leitet aber eben so gut und kostet nicht den zehnten Theil.

Es ist außerordentlich, in welcher Treue sich der Graphit in die feinsten Theile der abzuformenden Körper drängt. Man kann z. B. auf diese Weise Pflanzen, Blumen, Blätter, Früchte zuerst mit Firniß, dann mit Graphit und endlich mit Kupfer überziehen und wird den Abdruck der zartesten Aderchen nicht vermissen, ja wenn man den Ueberzug von Kupfer stark genug macht, so trennt man ihn durch die Feile an den Rändern und erhält nunmehr Formen, um darauf die Blätter niederzuschlagen, dann erreicht die Treue der Abformung das wirklich Bewundernswürdige. Nach Timbs' Jahrbuch für Thatsachen hat ein Nordamerikaner Silliman die Perlmutter mit ihren irisirenden Farben abgedrückt, indem er zuerst auf ein geschliffenes farbenspielendes Stück ein leicht flüssiges Metallgemisch brachte und in diesem Abguß Silber sich niederschlagen ließ; auf dem schönen, weißen Metall erschienen die Farben in beinahe noch höherem Glanze als auf der Perlmutter selbst, ein Beweis, daß die zarten Schraffirungen, welche den Farbenschimmer hervorbringen, sich wirklich copiren lassen, ja was vielleicht noch wunderbarer ist, erzählt Smee in seiner Elektrometallurgie, daß Boulton das Auge einer Stechfliege copirt hat, so daß auf der Copie durch das Mikroskop alle Facetten zu sehen waren, welche das Original zeigte.

In Paris machte man, als die Galvanoplastik in Mode kam, von derselben Gebrauch, um die zierlichsten Nippes zu verfertigen, indem man Fliegen, Bienen, kleine Käfer 2c. in eine Metallauflösung tauchte, dieselbe auf dem Körper des Thierchens durch Wasserstoffgas reducirte und alsdann das so vorbereitete Modell dem galvanischen Prozeß zur Ueberkleidung mit Silber oder Gold aussetzte. Der Verfasser hat Gegenstände der Art ge-

sehen, welche an Vollendung und Schönheit der Form Alles übertreffen, was man sich denken kann.

Practischer Nutzen der Galvanoplastik.

Der Werth, die Tragweite dieser Erfindung ist außerordentlich groß, ist kaum zu berechnen. So wie hier das Auge einer Fliege copirt wird, so kann man die größten Bildwerke nachahmen. Der Bildhauer nimmt von dem lebenden Körper eine Form oder er macht eine solche über sein Thonmodell und nachdem diese Form leitend gemacht worden ist, füllt die Galvanoplastik dieselbe mit Kupfer aus zum halben Preise des Broncegusses, zugleich nicht allein die Kosten vermindernd, sondern auch die Mühe und die Gefahr eines Gusses beseitigend; so ist die Statue Hahnemann's in Leipzig gebildet, so die colossale Christusstatue in Petersburg, so sind die ungeheuren Flügelthüren im Museum zu Berlin aus der blauen Flüssigkeit gewonnen.

Höchst nützlich ist diese Kunst für Modellmacher. Auf der Londoner Ausstellung befand sich ein Modell der Menaibrücke, so wie ein anderes einer Hängebrücke über den Dniester. Man wendet die Galvanoplastik an, um verkorkte Weinflaschen durch einen Metallüberzug vor dem Zutritt der Luft zu schützen, man wendet sie an, um Metallspiegel zu machen, wie der Mechanikus Stöhrer in Leipzig dergleichen zu thermischen wie zu optischen Zwecken gleich brauchbar verfertigt. Sie auf Stearin zu formen, dann Kupfer darauf niederzuschlagen, dies zu versilbern und nunmehr zu poliren, ist freilich nicht der rechte Weg, denn durch das Schleifen und Poliren, was eben bei so weichem Metalle große Schwierigkeiten macht, geht der ganze Vortheil des Verfahrens verloren. Der rechte Weg ist dieser:

Man sucht sich ein convexes, gut polirtes Glas aus, dessen Krümmung der Spiegelfläche entspricht, die man haben will. Hierzu nimmt man eine passende Form von gebranntem Thon, wie z. B. den Untersatz zu einem Blumentopf.

Aus einem leicht flüssigen Metallgemisch (Blei, Zinn und Wismuth) macht man sich nun die höchst polirte, fertige Form dadurch, daß man das Gemisch schmilzt, in den Untersatz gießt und mit dem Rande einer Karte die Haut, welche sich durch Oxydation auf der Oberfläche bildet, wiederholt abzieht und entfernt.

Sobald das Metallgemisch auf dem Punkte ist, daß es beginnen will zu erstarren, legt man das Formglas mit der erhabenen Seite auf die

Metallfläche und drückt es so tief nieder als thunlich, ohne daß dadurch der Boden des Gefäßes erreicht wird oder daß das Metall oben über den Rand desselben fließt. In wenigen Secunden ist das schon dem Erstarren nahe Metall durch Berührung mit dem kälteren Glase wirklich erhärtet und nun kann man das Glas abheben.

Man hat durch diese Operation einen hellglänzenden Spiegel von so schöner Form und so trefflicher Politur, wie das Glas selbst nur diese hatte. Hierauf wird nun Kupfer niedergeschlagen, welches mit der größten Treue den Glanz wieder annimmt, welchen die Blei- und Wismuthmasse gehabt. Diese Kupferform ist nun diejenige, über welche man so viele Spiegel im kalten Gusse anfertigen kann als man haben will; sie werden jedoch nachher nicht versilbert, sondern im Gegentheil geschieht dies vorher, das will sagen, man schlägt auf den erhabenen Kupferspiegel Silber nieder, bis eine ablösbare Decke entstanden, dann verstärkt man, ohne sie abzulösen, dieselbe dadurch, daß man Kupfer bis zu einer beliebigen Dicke darauf fällt und nun die Trennung vornimmt. Man hat jetzt einen vollkommen schönen Silberspiegel von der herrlichsten Politur und von der Form, welche der erste heiße Abdruck von dem Glase gehabt und ein solcher Spiegel ist allerdings zu optischen Zwecken vollkommen geeignet.

Eine sehr wichtige Anwendung findet die Galvanoplastik in der Stereotypie. Auf dem Satz macht man statt der Gypsform einen Niederschlag von galvanischem Kupfer. Dieser ist bei weitem treuer als der Gyps ihn gewähren kann, und er hat überdies den Vortheil, daß beim Ablösen desselben von der Satzplatte nichts abbröckelt, was bei dem Gyps sehr leicht geschieht. Der nachherige Guß der eigentlichen Stereotypplatten wird auf die gewöhnliche Weise vollführt, indem die Galvanoplastik nur die Matrize liefert. Allerdings würde man aus dieser nach vorhergegangener Versilberung auch eine Patrize erhalten können, allein der Zweck, den man bei Anwendung neuer Methoden hat, etwas Besseres auf einem einfacheren Wege zu erzielen, würde hier nicht erreicht werden, indem die gewonnene Kupferplatte nicht besser, sondern höchstens eben so gut wäre als der Letternguß und viel mehr Umstände erforderte.

Um Holzschnitte zu vervielfältigen, bedient man sich gewöhnlich des Abklatschens, doch kann man bei besonders schönen und großen Sachen, bei denen man bezweifelt, daß alle Feinheiten durch das Clichiren erreicht werden, auch die Galvanoplastik als Copirmittel anwenden, hierzu wird der Holzstock vorher in heißem Oel getränkt, nach dem Trocknen auf der Rückseite und den hohen Kanten aber mit Wachs überzogen.

Die Oberfläche, welche den Abdruck geben soll, überbürstet man mit

einem feinen, doch etwas steifen Pinsel, wie man denselben zum Oelmalen braucht, mit Graphit, welcher sich auf dem geölten Buchsbaumholz sehr leicht festsetzt. Jetzt dem galvanischen Strome innerhalb der Kupferauflösung ausgesetzt, erhält man die nöthige Form zur Wiederholung des Holzschnittes. Man muß natürlich dabei die anderen Vorsichtsmaßregeln noch mehr anwenden, als bei der Vervielfältigung von Kupferstichen, weil sonst nicht alle Vertiefungen und Erhöhungen in der nöthigen Schärfe wiedergegeben werden oder in eben diesen Vertiefungen das Kupfer fest mit dem andern verwächst und eine Trennung der beiden Platten ohne Zerstörung derselben nicht möglich ist.

Die fortgeschrittene Technik hat es verstanden, für die Zeichnenkunst das Verfahren der galvanoplastischen Vervielfältigung zu vereinfachen und sogar den Kupferstich zu ersparen, für Skizzen, wie ein Maler sie gern keck und flüchtig auf das Papier wirft, für Kartenzeichner und manche andere Zweige der Zeichnenkunst höchst anwendbar.

Statt nämlich eine Kupferplatte zu graviren und von dieser eine Reliefplatte, dann aber erst eine vertiefte Platte zu nehmen, welche nun erst die Copie des Kupferstiches ist, macht man entweder sogleich eine erhabene Platte, erspart also das Graviren und die einmalige galvanische Copie, oder man überträgt gar das Graviren selbst dem Galvanismus.

Das Erstere geschieht auf folgende Weise: Auf eine polirte Kupfertafel von der erforderlichen Größe, welche sehr schwach versilbert ist, malt man mit einem Pinsel und zeichnet man mit einer Zeichnenfeder so, wie die Zeichnung späterhin auf dem Papier erscheinen soll, der Officier trägt also den Degen an der l i n k e n Seite, der Gelehrte schneidet seine Feder mit der r e c h t e n Hand.

Die Farbe, welche man mit Feder oder Pinsel aufträgt, besteht aus höchst feingeriebenem Graphit oder einem Broncepulver mit dem schnell trocknenden Damarfirniß als Bindemittel.

Es muß, wie bereits bemerkt, die Zeichnung in allen ihren Einzelnheiten genau so ausgeführt werden, wie man dieselbe auf dem Papier sehen will, denn eine nachherige Correctur ist nur noch durch den Grabstichel möglich und diesen will man ja bei der ganzen Operation nicht anwenden.

Ist die Zeichnung fertig und trocken, so wird sie noch mit einem weichen Pinsel, den man in sehr zart geriebenes Graphitpulver getaucht hat, überall trocken überfahren, damit es nirgend an der nöthigen Leitung fehle. Nunmehr in die Kupferlösung gebracht und mit dem negativen Pole einer Säule verbunden, erhält man eine Kupferplatte, welche die Zeichnung verkehrt und vertieft enthält, die auf der Originalplatte aufrecht und er-

haben war. Begreiflich giebt ein Abdruck von dieser verkehrten Platte wieder ein verkehrtes Bild, d. h. ein solches, das der Originalplatte ganz gleich ist, und der Kupferstich ist fertig ohne Kupferstecher.

Die zweite Manier nähert sich der bekannten Kunst des Radirens, nur das Aetzmittel ist ein anderes, es ist nämlich die Elektricität.

Eine Kupfertafel, wohl polirt, wie sie für die Gewinnung eines Kupferstiches nöthig ist, wird mit Deckgrund oder Aetzgrund, dem man ein wenig mehr Wachs zusetzt als sonst, überzogen. Auf diesen Deckgrund bringt man die Zeichnung entweder durch vorheriges Calquiren oder dadurch, daß man gleich aus freier Hand mit der kalten Nadel oder demjenigen Instrument, welches man für mehr oder minder breite Striche am geeignetesten hält, auf den Deckgrund zeichnet, so daß dieser bis auf die Kupferplatte selbst entfernt wird.

Hat man die Zeichnung in dieser Art ganz vollendet, so übergiebt man sie dem elektrischen Apparat. In die Kupferlösung wird eine Kupfertafel von der Größe der zu ätzenden Zeichnung gelegt und diese wird mit dem negativen Pole einer schwachen Batterie von etwa drei Daniell'schen Elementen verbunden.

Ganz parallel mit dieser unteren Kupferplatte legt man die zu ätzende über dieselbe, so daß sie etwa 1 Zoll von derselben absteht. Sie wird durch vier Klötzchen von Thon oder Glas (nur nicht durch metallene) gestützt, in der richtigen Lage erhalten. Diese gezeichnete Platte wird mit dem positiven Pole der Batterie verbunden; in der Flüssigkeit darf ein wenig freie Schwefelsäure vorwalten.

Sobald der galvanische Strom eintritt, schlägt sich Kupfer aus der Lösung auf der negativen Platte nieder, die freie Säure sucht nach etwas, das sie auflösen kann, sie findet aber nichts als die durch die Zeichnung frei gewordenen Stellen der zu ätzenden Kupfertafel, über diese fällt sie nun mit Gewalt her und da die Striche schmal sind, so gräbt sie desto tiefer ein und stellt in weniger Zeit, ohne irgend eine andere Mühe als einige Aufmerksamkeit auf die Gleichmäßigkeit des Stromes, eine geätzte Kupfertafel dar, von größerer Schönheit und Schärfe, als die durch Salpetersäure veranlaßte, welche zwar der Theorie nach dasselbe thun sollte, insofern aber nicht thut, als sie unter den Aetzgrund greift und die Striche breiter macht als verlangt wird.

So trefflich und so wirkungsreich dieses Verfahren übrigens ist, so wird es doch selten angewendet, weil das Aetzen mit Scheidewasser schneller geht.

Das Ueberkupfern hat noch eine technische Anwendung gefunden, welche von einer großen Wichtigkeit ist.

Bekanntlich liebt die neuere Zeit flache Dächer, diese können nur durch Metallbedeckung möglich gemacht werden. Nun ist Zink der Oxydation sehr ausgesetzt, Blei sehr schwer, Kupfer sehr theuer — was thut man? Es ist gelungen, Leinwand zu überkupfern. Man durchdringt dieselbe mit dem wohlfeilsten Firniß, mit Steinkohlentheer, läßt ihn vollständig trocknen, überzieht die Oberfläche der einen Seite mit Graphitpulver und setzt das so vorbereitete Gewebe nunmehr der galvanischen Ueberkupferung aus.

Die Herstellung ist so außerordentlich billig, daß die Bedachung damit weniger kostet als eine ordentliche Ziegelbedachung, indessen zu dieser letzteren das ganze Haus, vom Fundament auf eingerichtet, um so viel stärker sein muß als das ungeheure Gewicht, welches ein Kronendach hat, zu tragen erfordert, und so beginnen die Kosten eines solchen schweren Daches eigentlich schon im Keller, die Balkenlage aber fordert schließlich das bedeutendste Capital und dieses ist es, was die Metalldächer ermöglicht, selbst bei sehr viel schwereren Platten, da ihre Unterlage kaum den sechsten Theil der Stärke zu haben braucht, die für ein Ziegeldach erforderlich ist. Hier bei einer Deckung mit überkupferter Leinwand ist nun vollends die Latte statt des Balkens beinahe genügend.

Von dem Verkupfern der Leinwand zum Vergolden der Damenkleider ist nun vollends nur ein sehr kleiner Schritt und er ist gemacht worden, obschon es nicht geringe Mühe gekostet hat, bevor man ein Schutzmittel fand, welches die Salpetersäure, in der Silber aufgelöst erhalten wird, oder gar die Salpetersalzsäure, die bei der Vergoldung angewandt wird, für das Zeug, auf welches die aufgelösten Metalle niedergeschlagen werden sollten, unschädlich macht. Es ist gelungen, man sieht auf den Bällen und in den Salons der vornehmen Welt die zartesten, duftigsten Toiletten in prächtigen Stickereien schimmern, man begreift nicht, wie ein so leichter, zarter, man möchte sagen nebelartiger Stoff die Stickerei nur trägt, nicht unter der Last zerreißt, von der Hand der Stickerin, welche sie ausgeführt, von dem Durchziehen des Gold- oder Silberfadens gar nicht zu reden, was eigentlich den Stoff zerreißen und zerschneiden müßte.

Man besieht sich die Sache genauer: die Stickerei ist so leicht wie der Stoff selbst, an den Stellen, wo sie sich befindet, das prachtvollste Muster bildend, sind die Fäden des Zeuges galvanisch vergoldet, nicht bemerkbar schwerer geworden und der Speculant, der alte Kleider der Art aufkaufen wollte, um sie auszubrennen und das Gold zu gewinnen, würde wohl schlechte Geschäfte machen, denn in der Goldverzierung der eleganteſten,

über und über glänzenden Ballrobe ist noch kein viertel Ducaten zu gewinnen.

Galvanische Vergoldung, Versilberung etc.

Wir haben bis jetzt eine Reihe von Proceduren betrachtet, welche alle darauf hinauslaufen, ein Metall auf ein anderes oder auf einen nicht metallischen, aber elektrisch leitenden Gegenstand niederzuschlagen. Die Dicke des Niederschlags wird dabei nur insofern berücksichtigt, als man verlangt, daß er eine für die Anwendung hinlängliche Widerstandsfähigkeit habe, der Prozeß ist ganz derselbe, ob der Niederschlag papierdick oder zolldick sein soll. Alle diese Niederschläge, bis auf den letztgedachten, hatten den Zweck, von der Form löslich und für sich verwendbar zu sein. Wie wir aber aus dem eben angeführten Beispiele wahrnehmen, so kann es auch Fälle geben, in denen man den Niederschlag nicht zu trennen, sondern auf seiner Form haftend als Ueberzug zu belassen gedenkt.

Dies wird besonders stattfinden, wenn man edle Metalle (Gold, Platin, Silber) auf unedle (Messing, Kupfer, Zinn ꝛc.) bringt, wenn man vergolden, versilbern will.

Es wird hierfür ein anderes Verfahren eingeleitet werden müssen als bisher. Wenn man alle mögliche Sorgfalt darauf verwendete, den Ueberzug abtrennbar zu erhalten, so hat man jetzt nöthig, denselben **unabtrennbar** zu machen, es wird mithin nöthig sein, die Metalloberfläche recht rein, frisch, frei von jedem Fettüberzuge, ja vielleicht sogar rauh, nicht glatt, nicht polirt zu erhalten; sind die Ueberzüge jedoch sehr dünn, wie beim Vergolden, so schadet es nicht, wenn der Gegenstand auch polirt war; bei stärkeren Bedeckungen, z. B. von Silber zieht man es hingegen vor, die Politur **vor** dem Niederschlage zu vermeiden, oder wenn sie schon da ist, durch eine Säure zu zerstören.

Es ist dieses Ueberziehen eines Metalles mit einem andern von großem, praktischem Interesse, deshalb haben sich auch viele Chemiker und Techniker damit beschäftigt und es sind eine Menge verschiedener Methoden angegeben worden, welche alle höchst vortrefflich sind, nach der Meinung derjenigen, die sie anwenden, wobei es sich aber in der Regel so verhält, wie mit den Taschenuhren, von denen ein Jeder behauptet, die seinige gehe am besten und richtigsten.

Wir dürfen in einem Lehrbuch der Physik, welches die Technik nur aufnimmt, um die Anwendung der Naturlehre im gewöhnlichen Leben zu zeigen, solchen Gegenstand nicht zu weitläuftig behandeln, wollen daher nur

die besten, anerkannt praktischen Methoden und diese nur in der möglichsten Kürze berühren, empfehlen aber demjenigen, welcher sich praktisch mit diesem Zweige der Technik beschäftigen will, das sehr gründliche und doch nur kleine Buch von Dr. Elsner: „Die galvanische Vergoldung und Versilberung“, worin nicht nur diese beiden Gegenstände, sondern auch die Methoden mit Blei, Platin, Nickel &c. zu überziehen, abgehandelt sind.

Die Vergoldung wie die Verkupferung kann sowohl mit als ohne Batterie geschehen. Man bringt einen Löffel, Becher, Ring &c. in eine Goldauflösung, in einen Thoncylinder mit sehr verdünnter Säure bringt man amalgamirtes Zink und stellt das Thongefäß in die Golauflösung, beide Metalle werden durch einen leitenden Draht verbunden und alsbald erfolgt der Niederschlag. Dies ist eine höchst einfache und praktisch sehr leicht ausführbare Methode. Complicirter, aber in der Regel auch ganz sicher ist die Vergoldung mit einer Batterie, welche von der Goldauflösung gesondert ist. Gerade wie im gleichen Falle mit Kupfer verfahren wird, macht man es auch hier, indem an den einen Pol der zu vergoldende Gegenstand, an den andern das Goldstück gehängt wird, von welchem so viel durch den galvanischen Strom aufgelöst werden soll als auf der andern Seite aus der Auflösung in metallischen Zustand zurückkehrt.

Das Gold löst sich bekanntlich nur in Salpetersalzsäure auf, in dieser Verbindung aber ist es nicht anwendbar zum galvanischen Gebrauch, man dampft daher die Flüssigkeit ein, bis beim Erkalten sich die Krystalle des Goldsalzes zeigen, die man nun auswäscht und mit Cyankalium vermischt, beide in destillirtem Wasser auflöst, oder indem man ein Goldoxyd in einer Auflösung von Cyankalium kocht, bis das Goldoxyd völlig verschwindet. Diese Lösung wird ganz außerordentlich mit Wasser verdünnt, auf 4 ½ Quentchen Goldchlorür und 12 Loth gelbes blausaures Eisenkali, welche zur Lösung des Goldes nöthig sind, nimmt man nach französischen Vorschriften 1 ½ Quart oder 3 Pfund Wasser, nach den reichen Erfahrungen Elsner's aber 6 Quart oder 12 Pfund Wasser und man erhält von diesen eine viel schönere und dauerhaftere Vergoldung als von der stärkeren französischen.

Ist die Auflösung so verdünnt und ist die Batterie zwar eine möglichst constante, aber sehr schwache, geht also der Niederschlag langsam vor sich, so wird der Ueberzug ungemein schön von Farbe, erscheint satt und reich, schwer vergoldet; geht der Niederschlag schnell vor sich, so bekommt die Vergoldung ein bräunliches, und wenn man den Gegenstand nun nicht schnell aus der Lösung entfernt, ein braunes Ansehen, welches durch keine Kunst zu vertilgen ist und das Trennen des Goldes von dem Gegenstande fordert, was oft nur durch ein Rückwärtswirken des galvanischen Stromes

möglich ist und beinahe immer zur Folge hat, daß etwas von dem unterliegenden Metalle mit aufgelöst, die Goldauflösung verunreinigt wird.

Hat man den zu vergoldenden Gegenstand ½ Minute lang in der Flüssigkeit und in dem galvanischen Strome gelassen, so wird er herausgenommen, mit destillirtem oder mit reinem Regenwasser abgespült und gebürstet, indem man die Bürste in Cremortartari (gepulverten Weinstein) taucht und wieder mit Regenwasser abspült, worauf man ihn abermals in die Vergoldungsflüssigkeit hängt und nun denselben eine ganze Minute darin läßt, das vorige Verfahren mit dem Reinigen und Abbürsten ꝛc. wiederholt, ihn wieder in die Flüssigkeit bringt u. s. f., bis er diejenige Stärke der Vergoldung hat, welche man für nöthig erachtet.

Es findet bei jedem Eintauchen in die Goldlösung ein neuer Niederschlag statt und man erhält zuletzt eine so prächtige, satte Goldfarbe, daß sie dem reinen Dukatengolde völlig gleicht, auch kann die Vergoldung auf diesem Wege so stark gemacht werden, daß sie die Behandlung mit der schärfsten französischen Goldfarbe sehr gut aushält.

Die erste Ablagerung des Goldes scheint etwas langsamer vor sich zu gehen als die nachfolgenden. Das sorgfältige Reinigen und Abbürsten darf ja nicht versäumt werden, wenn man ein günstiges Resultat erzielen will, wie überhaupt die größte Sorgfalt nicht genug empfohlen werden kann; wenn man eine polirte Fläche, einen silbernen Pokal, einen Löffel, der vergoldet werden soll, nach der Reinigung mit den Fingern anfaßt, so bekommt er dort, wo die Finger gewesen sind, eine fehlerhafte, fleckige Stelle in der Vergoldung.

Da die Vergoldung durch eine Flüssigkeit geschieht, so dringt diese in jede Vertiefung, in die Verschlingungen der künstlichsten Verzierungen ein, wohin man mit dem in Quecksilber aufgelösten Golde, zur Vergoldung im Feuer, gar nicht gelangen kann. Ist die Unterlage polirt gewesen, so erscheint die mäßig starke Vergoldung auch polirt, erst wenn sich sehr viel Gold niedergeschlagen hat, wird die Vergoldung matt.

Das genügend stark Vergoldete wird gewaschen, mit Leinwandlappen oder mit Sägespänen getrocknet und die Farbe des Goldes ist dann in der Regel so schön, daß es nicht mehr nöthig ist, den Gegenstand noch einmal zu färben oder zu glühwachsen, wodurch der praktische Werth dieser Methode um so größer wird. Die Vergoldung ist demnächst so dauerhaft, daß die so vergoldeten Gegenstände die stärksten Proben, poliren, pressen, glühwachsen, färben mit der Farbe aus Alaun, Kochsalz und Salpetersäure, aushalten, ohne im Mindesten darunter zu leiden.

Gegenstände, welche ursprünglich matt sind, vergolden sich auch immer

matt; das Silber siedet man zu diesem Behufe weiß und entfernt dann die zu starke weiße Farbe mittelst der Kratzbürste, worauf die so bearbeiteten Gegenstände das Gold besonders fest annehmen.

Eben so werden schön matt vergoldet alle matt gelb gebrannten Gegenstände von Bronce, je schöner ihre Farbe vorher war, desto schöner ist nachher die Farbe der Vergoldung, was dadurch begreiflich wird, daß Gold in sehr dünnen Schichten das Licht durchläßt, wie man sich überzeugen kann, wenn man eine Tafel Blattgold gegen das Licht hält, man wird sie entschieden grün aussehend finden. Auf einen durchscheinenden Gegenstand hat aber natürlich die Farbe des Grundes einen bedeutenden Einfluß.

Die wesentlichsten Vorzüge der galvanischen Vergoldung vor den anderen Methoden sind die Gefahrlosigkeit für den Arbeiter, welcher keine Quecksilberdämpfe zu schlucken hat, die Sicherheit der Operation und die ungemeine Bequemlichkeit, das Vergolden vornehmen zu können, wenn die ganze Arbeit vollständig fertig ist. Man kann auf solche Weise den zartesten Damenschmuck, reich mit Steinen besetzt, vergolden. Eine Operation, welche jetzt um so nöthiger wird, als die Mode alle Augenblicke andere Formen für den Schmuck bringt und die Etiquette verlangt, daß man sich bei Hofe mit einer Garnirung nicht mehr als höchstens zwei Mal sehen lasse, da denn natürlich ein fürstliches Vermögen nöthig wäre, wenn die reichen Spangenbesätze an Courkleidern, Roben ꝛc. echt sein sollten, man daher zu solchen seine Zuflucht nimmt, welche die echten nachahmen, aber den sechsten, ja den zehnten Theil der echten kosten. Es schadet eine galvanische Vergoldung weder dem Steine noch der Fassung, weder dem Email, noch selbst einer guten Lackirung, welche beim Schmuck in Blatt- oder Blumenform häufig vorkommt.

Sollen von den Gegenständen nur einzelne Stellen vergoldet werden, wie Vorlegelöffel, Becher, Kelche nur im Innern, so deckt man die unvergoldet bleiben sollenden am besten mit reinem Schellack in Weingeist aufgelöst, oder wenn die Vergoldung in einer w a r m e n Goldauflösung geschieht, mit einem fetten Bernsteinlack.

Die Gegenstände müssen nachher wieder gereinigt werden, dies geschieht zuerst mit Terpentin und dann mit Weingeist, worauf sie in ihrer ursprünglichen Schönheit erscheinen.

Um große Gefäße inwendig zu vergolden, verfährt man auf die einfachste und sicherste Weise folgendermaßen: In einen Thoncylinder von angemessener Größe, unglasirt, wie man dieselben zu galvanischen Batterien anwendet, legt man eine Zinkstange oder einen Zinkkloben, dessen oberes Ende mit einem langen, doppelten, gut ausgeglühten Kupferdraht verbunden

ist. Der Cylinder wird mit einem Bindfaden umschlungen, um ihn daran aufhängen und frei schwebend erhalten zu können. Man füllt ihn mit Salzwasser und hängt ihn sammt dem Zinkkloben in das Innere des Kelches, des Pokals hinein, begreiflich so, daß er die Wandung des Gefäßes nirgends berührt.

In den Zwischenraum, welcher zwischen der Wandung des Kelches oder der Terrine bleibt, füllt man die Cyangoldauflösung, schlingt den Kupferdraht auswendig um das zu vergoldende Gefäß und läßt dem eingeleiteten Vorgange seinen Lauf.

Nach kurzer Zeit nimmt man den Thoncylinder mit dem Zink aus dem Gefäß, gießt die Goldflüssigkeit heraus, wäscht, putzt das Innere der Fläche mit Weinstein und wiederholt das ganze Verfahren, bis die Vergoldung die hinlängliche Stärke erlangt, worauf sie durch Poliren ihre Vollendung erhält.

Man hat hierbei sehr darauf zu sehen, daß die Goldflüssigkeit die nöthige Höhe in dem Gefäße habe, denn natürlich geht die Vergoldung nur so weit als die Goldflüssigkeit reicht, man macht deshalb gern einen Rand von Schellack um das ganze Gefäß, welcher, wenn er auch nur eine Linie hoch über den Rand hervorragt, doch gestattet, daß man mit der Vergoldung bis an die äußerste Grenze der Höhlung dringe.

Man hat für technische Zwecke auch das Platiniren vorgeschlagen, indessen mit geringem Erfolge, denn obwohl das Platin in den einfachen Säuren unlöslich ist, so kommen diese doch nur sehr selten vor und müssen durch einen geschickten Chemiker erst mühsam dargestellt werden; im Handel sind sie dergestalt unrein, daß z. B. ein großer, gewaltig theurer Platinkessel, im Gewicht von nahezu 10,000 Grammes (d. h. etwa 50 Pfund), nachdem in demselben 26,000 Centner Schwefelsäure abgedampft worden waren, 15 Pfund an Gewicht verloren hatte, wie Professor Reichhard in seinen Angaben über diesen Gegenstand erzählt.

Wenn eine solche Beschädigung aber an massivem Platin vorkommt, so ist es wohl begreiflich, daß bei einem bloß oberflächlichen Ueberzuge ein großer Schutz nicht gewährt wird, indessen soll doch angegeben werden, wie das Platiniren am zweckmäßigsten ausgeführt wird.

Man wendet hierzu gewöhnliches Platinchlorid an, welches in destillirtem Wasser gelöst und durch eine hinreichende Menge von Natron neutralisirt ist. Der zu platinirende Gegenstand muß außerordentlich rein sein und mit Säuren behandelt werden, um ihn völlig oxydfrei zu erhalten. Auf der Rückseite wird ein Leitungsdraht mit Zinn angelöthet und Alles, was nicht

platinirt werden soll, wohl gefirnißt, wozu sich am besten Bernsteinfirniß eignet.

Man setzt, nachdem diese Vorbereitungen getroffen, die Operation ganz in der Weise fort, wie es bei der Vergoldung geschieht, bis die gewünschte Stärke erlangt ist. Bei Platina ist dies noch viel wichtiger als beim Golde, denn die Verbindung ist äußerst locker und undicht, daher man gerathen hat, die Bedeckung stärker zu machen als nöthig und auf einen kleineren Raum zu beschränken als erforderlich, die richtige Stärke und Ausdehnung aber dadurch zu erlangen, daß man das verplatinirte Metall nunmehr durch ein Walzwerk streckt. Aber auch diese Vorsicht genügt nicht, die Gegenstände widerstehen der Salpetersäure nicht, welche in die zartesten Risse eindringt, Kupfer, Silber &c. angreift und das Platin in feinen Schuppen von seiner Unterlage loslöst.

Die galvanische Versilberung ist eine sehr leichte Operation. Man kocht Silberoxyd in einer starken Auflösung von Cyankalium, filtrirt die Lösung und wendet sie nun gerade so an, wie die Kupferauflösung beim Verkupfern, wobei gleichfalls zu bemerken ist, daß, je stärker die Lösung verdünnt und je langsamer sie niedergeschlagen wird, desto schöner die Versilberung ausfällt. Versilbert man mit einer Batterie, so bringt man als Anode in die Auflösung eine Silberplatte, ungefähr von der Größe des zu bedeckenden Gegenstandes.

Da man die Versilberung immer viel stärker aufträgt als die Vergoldung, so wird sie matt und muß also durch die Kratzbürste erst aufgerieben, dann aber mit dem Stahl oder mit Blutstein polirt werden. Die Operation ist mühsam und zeitraubend und deshalb hat man verschiedene Versuche gemacht, um ein Verfahren zu erfinden, welches die Nachhülfe durch die Hand beseitigte; dabei ist der Engländer Smee auf die merkwürdige Thatsache gekommen, daß wenn man einige Tropfen Schwefelkohlenstoff (sonst auch unter dem Namen Schwefelalkohol bekannt) zu der Cyansilberlösung setzt, das Silber aus derselben so hell und blank niedergeschlagen wird, als wäre es auf das Sorgfältigste polirt. Das Verfahren ist in England durch ein Patent geschützt und hat sich so practisch erwiesen, daß es in Birmingham allgemein angewandt wird.

Der Ueberzug von Nickelmetall hat lange nicht dargestellt werden können und wo es gelang, hat man immer ein Geheimniß daraus gemacht. Smee hat endlich das Verfahren, welches mit allen übrigen vollständig übereinstimmt, bekannt gemacht; man bedient sich des Nickelchlorids mit Cyankalium gemischt in einer sehr schwachen Auflösung und bei einer höchst einfachen und schwachen Batterie. Das abgesetzte Nickel hat einen außer-

ordentlich schönen, eigenthümlichen, weißen Glanz, wenn es galvanisch niedergeschlagen wird, es sieht eigentlich nicht wie Metall, sondern wie hell polirtes, weißes Glas aus, und ist eben so spröde.

Es weicht in seinem Ansehen von dem metallischen Nickel so sehr ab, daß nicht leicht Jemand diesen Ueberzug für das erkennen wird, was er ist.

Von der Verkupferung dürfte kaum noch gesprochen werden, da sie eigentlich in der Galvanoplastik vollständig enthalten ist und es sich mithin höchstens um die Anwendung handeln kann, dies aber ist allenfalls ein Gegenstand, denn man überzieht alsdann mit Kupfer Dinge, welche man nicht nachformen, sondern durch den Ueberzug gegen äußere Eindrücke schützen will, so überzieht man eiserne Geräthschaften, damit sie nicht rosten, Gypsfiguren, damit sie nicht vom Wasser leiden, Glasgefäße und Porzellanschalen für den chemischen Gebrauch u. s. w. Dies Letztere dürfte zu beleuchten sein, weil es wirklich von technischer Wichtigkeit ist.

Bekanntlich schlägt sich aus einer Lösung von salpetersaurem Silber das Metall sehr leicht auf glasirte Gegenstände nieder, wenn man einige Tropfen eines reinen ätherischen Oeles in die Auflösung bringt (Nelkenöl u. dergl.); auf diese Weise macht man jetzt in Frankreich und Belgien die schönsten Spiegel, welche den schönen, warmen Ton des Silbers und nicht den bläulichen des Zinnamalgams haben.

So versilbertes Glas oder Porzellan (der Anflug darf nur ganz schwach sein) wird an einer Stelle mit einem Kupferdraht in Verbindung gebracht und daran in die Kupfervitriollösung gehängt; alles Uebrige bleibt ganz so, wie es bei der Galvanoplastik beschrieben worden.

Man erhält nun einen an dem Porzellan oder Glas festhaftenden Ueberzug von derjenigen Stärke, welche man verlangt, was bekanntlich dadurch erreicht wird, daß man den Gegenstand länger in der Flüssigkeit liegen läßt (es versteht sich, daß er wiederholt herausgenommen und abgewaschen werden muß).

Eine andere Methode, das Glas mit Firniß zu überziehen und auf diesen Graphit einzureiben, ist durchaus verwerflich, der Kupferniederschlag sitzt dabei nicht auf dem Glase, sondern auf dem Firniß, und bei einer etwas stärkeren Hitze als gewöhnlich zersetzt sich der Firniß und die entstehenden, aber nicht entweichenden Gasarten lösen den Kupferüberzug von dem Porzellan ab.

Eine eigenthümliche Anwendung von dieser Kunst hat man in Berlin gemacht; man überkupfert alle möglichen Früchte und vergoldet sie dann und erhält auf diese Weise die prächtigsten, geschmackvollsten und doch wohlfeilen Tafelaufsätze.

Die Frucht wird mit Graphit eingerieben und, nachdem man eine mäßig starke Stecknadel dicht am Stiel tief in das Fleisch der Frucht gedrückt hat, wie gewöhnlich sammt dem Stiele, verkupfert. Wenn man die Nadel nunmehr entfernt, so entsteht eine kleine Oeffnung, durch welche die ganze Feuchtigkeit der Frucht nach und nach entweicht, so daß zuletzt die metallene Hülle beinahe leer ist.

Man kann natürlich auch Blätter und Zweige so verkupfern und erhält dabei die feinsten, zartesten Zeichnungen wiedergegeben, selbst die Härchen auf den wolligen Blättern stellen sich in vollkommener Schönheit dar.

Wenn es nun eben so leicht ist, Korbflechtwerk zu überkupfern, so kann man sich wohl vorstellen, was ein schöngeformter Korb von Silber, gefüllt mit silbernen und goldenen Blättern und Früchten, auf denen vielleicht zierliche Käfer haften, für einen überraschenden Eindruck machen muß. Von Kupfer getrieben und vergoldet wird so ein Tafelaufsatz, der mühsamen, einen Künstler fordernden Arbeit wegen vielleicht 500 Thaler und mehr kosten, indeß demjenigen, der sich das selbst machen will und kann, nicht der fünfzigste Theil der Kosten erwächst, ja, so viel der Verfasser davon versteht, nicht der hundertste, denn mit einem Ducaten an Gold kann man 100 Früchte und 10 Körbe überziehen und mit Kupfervitriol für 2 Thlr. wahrscheinlich eben so viel, nur etwas dicker. Daß der Fabrikant galvanoplastischer Arbeiten so nicht rechnen kann, versteht sich von selbst, daß er aber einen glänzenden Vortheil hat, wenn er einen Korb mit 20 verschiedenen Früchten und Zweigen für 20 Thaler verkauft, ist auch keine Frage.

Gehen wir vom Kleinsten und Zartesten über zum Großartigsten, was je vollendet worden, so ist es das Ueberkupfern eines Kriegsschiffes ersten Ranges durch den galvanischen Prozeß.

Master Hays, ein berühmter Chemiker in Portsmouth, ließ ein ausgemauertes Dock, welches gerade groß genug war, um das Linienschiff zu fassen, mit einer Lösung von Kupfervitriol füllen, welche durch Schwefelsäure etwas angesäuert war. Das Kriegsschiff war an seiner unteren Seite, so weit es bei der schwersten Belastung nur sinken konnte, mit heißem Pech angestrichen und dann mit Graphitpulver leitend gemacht. Nun ließ man das Schiff langsam in das Dock gleiten und beschwerte es dann mit Ballast so weit, bis es zu derjenigen Linie untersank, bis zu welcher die Kupferhaut gehen sollte. Als positiver Pol waren rund um das Schiff Zinktafeln, mit Pergamenbeuteln überzogen, angebracht, welche Salzwasser enthielten und durch Drähte mit dem Graphitüberzuge des Schiffes in leitender Verbindung standen.

Nach drei Tagen hatte man überall eine sehr dicke Schicht Kupfer

erzielt, welche ohne eine einzige Naht über das Schiff lief und daran ohne Nagel befestigt war. Zwei Vortheile von unberechenbarem Werthe, indem sie das Schiff vollkommen sicher stellten gegen Benetzung von außen, so lange die Kupferhaut unverletzt blieb.

Das Verzinnen auf galvanischem Wege wird fast gar nicht geübt, da man einfachere und leichtere Methoden hat.

Das Verzinken hat eben so wenig Werth, allein für die Physik hat man daraus Nutzen zu ziehen gewußt. Wenn man in eine schwefelsaure Zinkauflösung, welche mit etwas Ammoniak versetzt ist, eine graphitirte Platte legt, so verbindet sich auf dem gewöhnlichen Wege durch den Galvanismus das Zink mit dem Graphit und bildet beliebig starke und beliebig geformte Platten. Dieser aus der Auflösung gewonnene galvanische Zink ist bei weitem positiver als der gewöhnliche, dergestalt, daß wenn man ihn als positives Metall und das gewöhnliche gewalzte oder gegossene Zink als negatives Metall anwendet, man eine Volta'sche Säule von gar nicht geringer Stärke erhält.

Für die Gestaltung dieses physikalischen Instruments ist die Sache von Wichtigkeit, negative Metalle betreffend, so hat man immer bessere gefunden, statt Kupfer Silber, statt dessen Eisen, statt dessen Platina, aber ein besseres positives Metall ist noch nicht entdeckt worden, indem die auf S. 381 vom Mangan bis zum Kalium angeführten Metalle, welche positiver als Zink sein sollen, vorläufig nicht käuflich zu haben sind. Das Alaunmetall macht hiervon vielleicht eine Ausnahme, indem es jetzt in Frankreich schon im Großen dargestellt wird.

Galvanisirtes Eisen giebt es auch, es ist jedoch höchst sonderbar, daß man ihm diesen Namen giebt, wäre er richtig, so wäre jeder verzinnte Kessel auch ein galvanisirter, denn das sogenannte galvanisirte Eisen ist nichts anderes als über Feuer verzinntes oder eben so verzinktes, hat also mit dem Galvanisiren nicht das Mindeste zu schaffen.

Es bleiben uns noch einige Worte über das sogenannte trockne Aetzen zu sagen. Es ist bekannt, daß wenn die Verbindungsdrähte einer Batterie, welche in Thätigkeit ist, zusammen kommen, ein mehr oder minder starker Funke entsteht (je nach der Stärke der Batterie) und bei diesem Funken Portionen des einen Poldrahtes in glühendem Flusse zum andern übergehen. Von dieser Thatsache hat Dr. Priny zuerst eine praktische Anwendung zum Aetzen des härtesten Stahles gemacht. Der Genannte befestigt die zu gravirenden Platten in einem Schraubstock wie ihn die Uhrmacher gebrauchen und verbindet dieselben mit einer Batterie von sechs mäßig starken constanten

Elementen. In den Schließungskreis wird eine lange Drahtrolle eingeschaltet, um durch den Inductionsstrom die Ecken zu verstärken.

An dem andern Pol der Batterie wird ein Draht von Platin oder Gold, welcher in einem hölzernen Handgriffe sitzt, befestigt. Wenn dieser Draht mit der Stahlplatte in Berührung kommt, so wird ein Theil der Letztern abgelöst und auf den Golddraht übergeführt und so kann durch die elektrische Kraft die vollkommenste Zeichnung auf dem härtesten Stahl ausgeführt werden.

Dies geschieht, wenn der Golddraht mit dem positiven Pol der Batterie in Verbindung ist. Wenn aber Platte und Grabstichel in umgekehrter Ordnung mit der Batterie verbunden werden, dann wird etwas von dem Drahte (der im ersten Falle wie ein Grabstichel wirkt) weggeführt und eine goldene oder platinirte Zeichnung hervorgebracht. Dies ist jedenfalls sehr interessant, hat jedoch keinen praktischen Nutzen, auch das Aetzen wird auf die gewöhnliche Art besser gemacht.

Benutzung des Galvanismus für das praktische Leben.

Sehr häufig ist der Verfasser schon gefragt worden, wozu denn diese vielen Untersuchungen führten, welchen practischen Nutzen sie hätten. Solche Frage ist immer ein trauriges Zeichen, denn sie beweist, daß derjenige, der sie gethan, sich um die neueren Fortschritte der Kunst, der Industrie, der Technik gar nicht bekümmert hat; wer das bisher über den Galvanismus Gesagte mit einiger Aufmerksamkeit gelesen hat, wird diese Frage sicher nicht thun.

Schon das Vorhergehende, galvanische Vergoldung und Versilberung, Galvanoplastik ist etwas rein Technisches geworden, wer unter den Goldarbeitern nicht auf eine thörichte Weise am Alten klebt, wird das Ueberziehen mit edlen Metallen wohl nicht mehr auf die frühere Weise, die umständlich, schwierig, mit Verlusten an edlem Metall verbunden, kostspielig durch den immerwährenden Verlust an Quecksilber, und der Gesundheit höchst nachtheilig war, vornehmen, sondern sich des Verfahrens bedienen, welches wir vorstehend beschrieben, und die Galvanoplastik beschränkt sich ja nicht darauf, Statuen und Brustbilder zu machen, sondern sie hat eine ausgebreitete Anwendung gefunden. Viele Fabriken liefern Schüsseln und Teller, Zuckerdosen, Kaffeekannen, Vasen und Tafelaufsätze aller Art, Blumen- und Fruchtkörbchen u. s. w. auf galvanischem Wege aus Kupfer niedergeschlagen und galvanisch versilbert oder vergoldet, mit den schönsten getriebenen oder gestochenen (gravirten) Verzierungen zu einem so mäßigen Preise, daß jeder

nur einigermaßen Bemittelte seine silbernen Armleuchter und seine silberne Punschterrine oder Theemaschine auf seiner Tafel sehen kann, denn was sonst so viel Hunderte kostete, das kostet jetzt so viele Zehner.

Ein Atlas von 80 größern Karten würde ohne die Galvanoplastik nicht wohl unter 80 Thalern herzustellen sein, jetzt kostet derselbe 8 Thaler. Der Stich der Karte kostet 500 Thaler und sie hält 2000 Abdrücke aus, dann werden dieselben schlechter und schlechter und sind bald nicht mehr zu brauchen.

Die Galvanoplastik ersetzt die Kupferplatte selbst, so oft man will; man nimmt von ihr zuerst einen Abdruck in Kupfer, welcher an den Stellen erhaben ist, die auf der Kupferplatte durch den Stich vertieft sind, von dieser erhabenen Platte nimmt man in Kupfer niedergeschlagene Abdrücke, so viele man haben will, Tausende, wenn es nöthig sein sollte, und jede Kupferplatte ist der Originalplatte so vollkommen gleich, daß die Abzüge gar nicht zu unterscheiden sind. Nunmehr kann der Buchhändler die Karte zu 5 Sgr. oder ein Sechstel Thaler verkaufen, er wird noch immer einen anständigen Gewinn davon haben, denn während er früher nur 2000 absetzen konnte, kann er jetzt beliebig viele absetzen, und während früher des theuren Preises wegen nur sehr wenig reiche Leute und Königliche Bibliotheken den Atlas kauften, vermögen ihn jetzt alle Lehrer und alle Schüler, alle Officiere und alle Beamten anzuschaffen und der Verleger wird Hunderttausende verkaufen.

So wie die Berührungselektricität chemische Verbindungen möglich macht, eben so kann sie dieselben auch hindern. Der Kupferbeschlag der Seeschiffe wird durch die im Meerwasser befindliche freie Salzsäure so stark angegriffen, daß nach fünf bis sechs Jahren der verrostete Kupferbeschlag abgenommen und durch einen neuen ersetzt werden muß. Auf Befragen, wie das abzuändern sei, sagte H u m p h r y D a v y, es würde genügen, an einigen Stellen des Beschlages Zinkplatten aufzulöthen, weil hierdurch ein galvanischer Strom gebildet würde, welcher immerfort die Verbindung, welche die Salzsäure mit dem Kupfer eingehen wolle, wieder hindere.

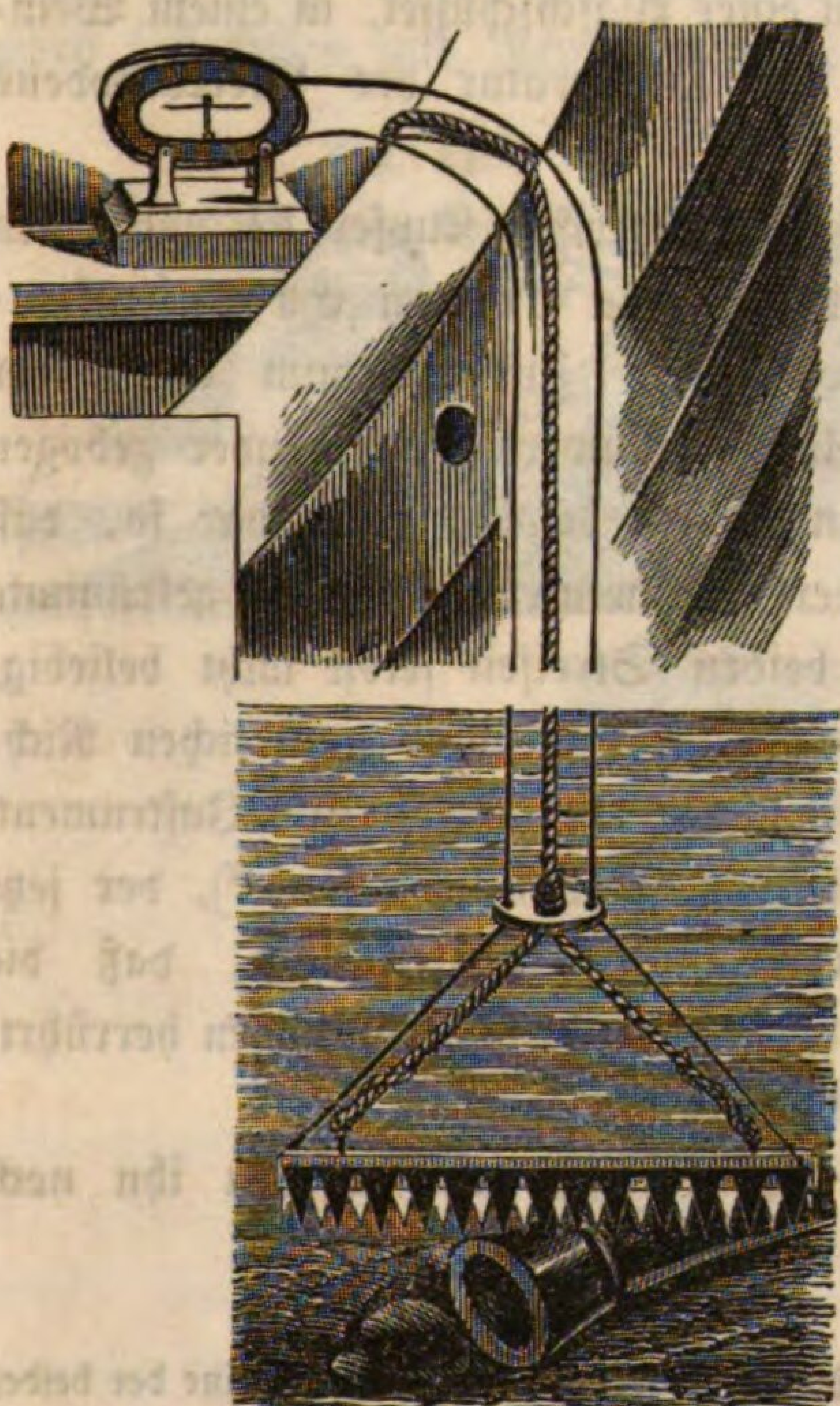
Man befolgte seinen Rath, ging jedoch um einige Schritte zu weit, ohne es zu wissen. Das Schiff, ein guter Segler, ward dieser schönen und wichtigen Eigenschaft nach und nach beraubt und segelte zuletzt so träge, daß, als man nach einer Reise um die Erde heimkehrte, die Matrosen glaubten, sie würden den Hafen gar nicht erreichen.

Als das Schiff endlich in der Heimath war und untersucht wurde, da fand sich zwar, daß kein Grünspan angesetzt, wohl aber daß es dafür ganz mit den Kalkgehäusen großer Weichwürmer der tropischen Meere be-

setzt war, die es so rauh machten, daß es das Wasser nicht mehr durchschneiden konnte und den größten Widerstand fand, weshalb das Segeln so schwer ging. Humphry Davy rieth einen Theil der Zinkplatten zu entfernen, und siehe die übrig bleibenden schützten das gereinigte Schiff zwar nicht vollkommen gegen die Oxydation, ein Hauch eines metallischen Giftüberzuges setzte sich auf der blanken Kupferfläche an, allein derselbe war nicht zerstörend genug, um den Kupfertafeln zu schaden und doch giftig genug, um die Weichwürmer zu verhindern, das Schiff zum Boden für ihre Bauten zu nehmen.

Eine andere Anwendung des Galvanismus findet sich in der galvanischen Wünschelruthe, mittelst deren man in jeder Tiefe unter Wasser Metalle entdecken kann; dies ist für die Wiedergewinnung versunkener Anker, Geschütze, Ketten ꝛc. von großer Wichtigkeit und Benutzung der Entdeckungen, welche die Gelehrten in den verschiedenen Zweigen der Wissenschaften gemacht, haben auch dieses ermöglicht.

Fig. 147.



Man schneidet einen sechs Zoll breiten Zink- und einen eben so breiten Kupferstreifen zackig aus, daß er gewissermaßen Zähne eines Rechens bildet. (S. d. untersten Theil der Figur.) Je länger diese Streifen sind, desto besser ist es für die Auffindung von Metallen, deren Lage man gar nicht kennt und die man also mit diesem Rechen suchen will.

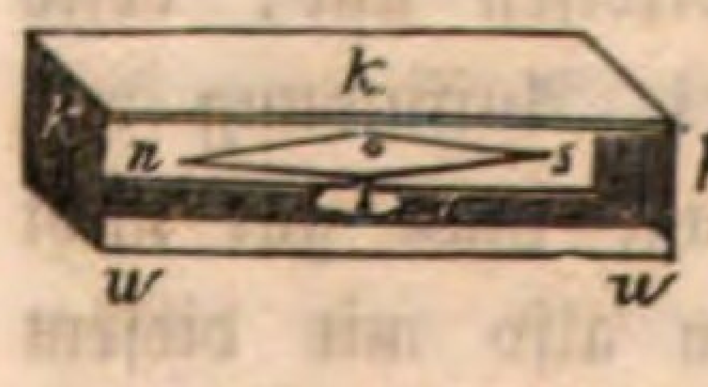
Die beiden Rechen werden an zwei Seiten einer Latte geheftet, so daß sie sich nirgends berühren und mit ihren nach unten gerichteten Zähnen gleich weit vor der Latte hervorstehen. Von dem Zink einerseits und von dem Kupfer andererseits gehen zwei Drähte aus, welche so lang sind als das Seil, mittelst dessen man diesen Apparat auf den Meeresgrund herablassen will. Die Drähte verbindet man mit einem Galvanometer, was übrigens kaum nöthig ist, da die Oberflächen des Zink- und des Kupferrechens groß genug sind, um ohne den Multiplicator eine Magnetnadel in Bewegung zu setzen.

Man sieht leicht ein, daß, sobald der Doppelrechen in das Meer gesunken ist, man hier ein galvanisches Plattenpaar mit einem dazwischen liegenden feuchten Leiter in Thätigkeit hat, und daß eine unter den Schließungsdraht gebrachte Magnetnadel von ihrer Richtung abgelenkt werden müsse, so lange der Rechen sich im Wasser befindet, einen einzigen Fall ausgenommen, den nämlich, daß die Spitzen der Kupfer- und Zinkplatten, am Meeresboden streifend, metallische Körper berühren, dann geht der galvanische Strom nicht den längern Weg, den einen Draht hinauf bis zum Schiffe, über die Magnetnadel hinweg und wieder in das Meer und im anderen Drahte herab zum anderen Metalle, sondern der Strom geht vom Kupfer durch den Anker oder das Kanon sogleich zu dem Zink.

In Folge dessen findet aber auch kein Grund statt, daß die Magnetnadel auf dem Schiffe in ihrer Ablenkung beharre, sie wird sich stellen, wie sie stehen muß, von Norden nach Süden, und dies wird das Zeichen sein, daß der zu ihr gehörige Rechen am Meeresboden Metall getroffen hat.

Aehnliche Anwendungen dieser Lehre finden wir in den elektrischen Thermometern, welche uns gestatten, in einer Waschschüssel, in einem Weinglase auf dem Verdeck eines Schiffes die Temperatur des Meeresbodens zu messen.

Fig. 148.



Wenn man einen Streifen Kupfer *kk* und einen Streifen Wismuth *ww* an beiden Enden zusammenlöthet, in den freien Zwischenraum aber, der nicht zusammengelöthet, sondern auseinander gebogen ist, eine Magnetnadel *ns* bringt, und zwar so, daß der eine Streifen *ww* unter, der andere rechtwinkelig zweimal gekrümmte *kk* über der Magnetnadel ist und die beiden Streifen selbst nicht beliebig, sondern so stehen, daß sie mit der Magnetnadel in ihrer natürlichen Richtung parallel laufen, so hat man das einfache thermoelektrische Instrument, mit welchem Seebeck in Berlin den Elektromagnetismus erfand*), der jetzt natürlich Thermoelektricität heißt, da es sich erweisen läßt, daß die magnetische Wirkung desselben lediglich von elektrischen Strömungen herrührt, welche durch ungleiche Erwärmung hervorgebracht werden.

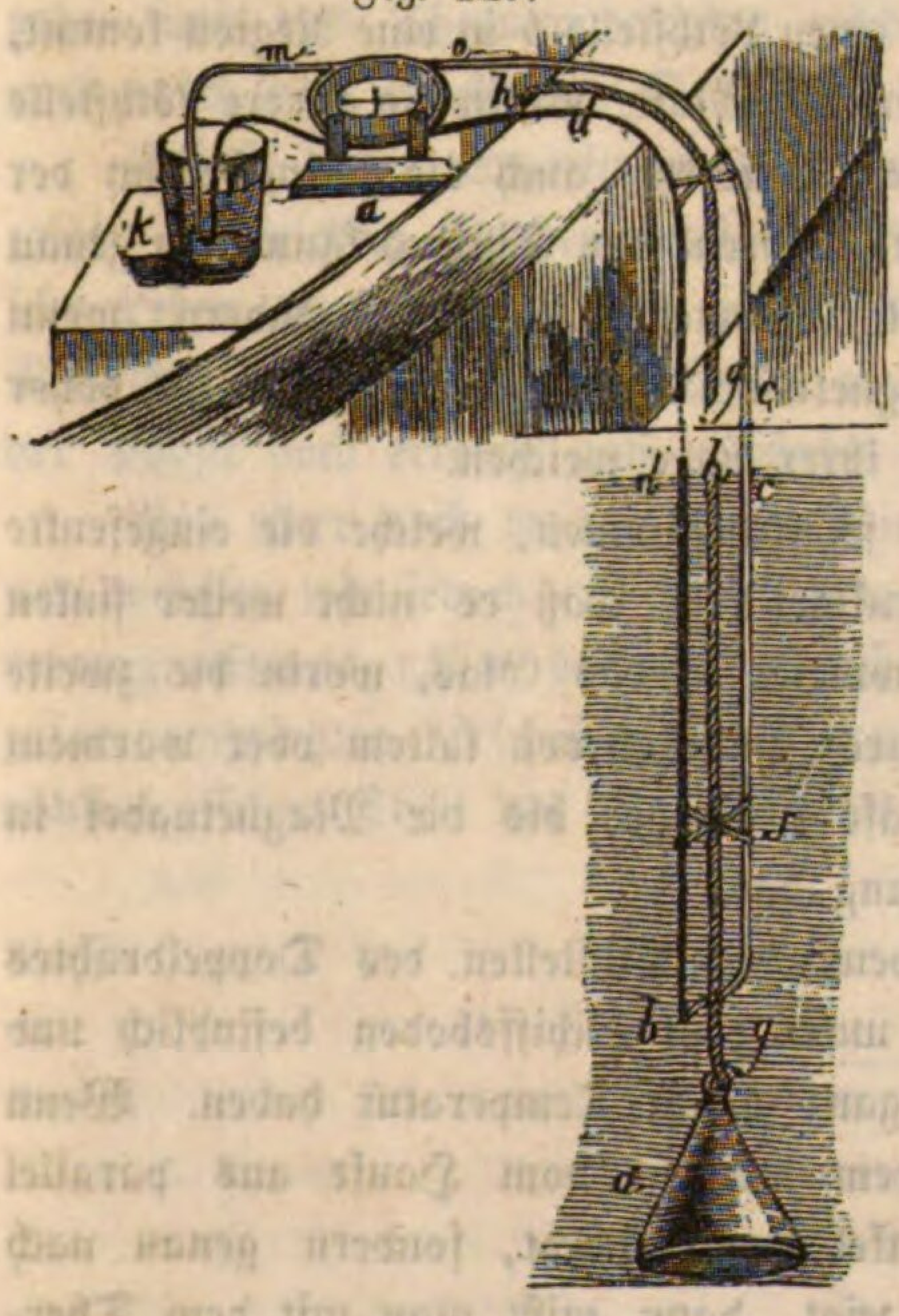
Wir haben diesen Gegenstand bereits berührt und werden ihn noch

*) Wenn die Magnetnadel nun ganz ruhig auf ihrem Stifte schwebt, eine der beiden Löthstellen aber erwärmt oder erkältet wird, so erzeugt man dadurch einen elektrischen Strom, den man seiner Ursache der Erwärmung wegen den thermoelektrischen nennt und dieser lenkt die Magnetnadel aus ihrer Richtung ab, gerade wie jeder andere elektrische Strom.

näher beleuchten, da er ein wichtiges Capitel der Wärmelehre bildet. Hier soll nur gesagt werden, daß diese Ablenkung benutzt werden kann, um Temperaturveränderungen kleinster Art auf das Allergenaueste zu beobachten und zu messen, indem die Differenz der Temperaturen an den beiden Löthstellen dasjenige ist, was die Magnetnadel aus ihrer Richtung bringt, während wiederhergestellte Gleichheit ihr gestattet, die natürliche Stellung anzunehmen. Also nicht, daß die Löthstelle 20 oder 30, oder 60 Grad warm ist, lenkt die Nadel ab (denn wenn die andere Löthstelle auch 20, 30, oder 60 Grad warm ist, bleibt die Nadel ganz ruhig in ihrer Lage), sondern, daß die eine Löthstelle um ein Zehntel Grad wärmer ist als die andere, bringt den elektrischen Strom und die magnetische Abweichung hervor.

Nicht gerade Wismuth und Kupfer muß man zusammenbringen, um das Experiment zu machen, diese wären für den vorliegenden Zweck vielleicht die am wenigsten brauchbaren, da Wismuth sich nicht zu Draht ausziehen läßt, es genügt überhaupt, zwei verschiedene Metalle zu wählen, welche in einer thermoelektrischen Beziehung zu einander stehen und da haben sich Eisen und Neusilber als die brauchbarsten herausgestellt.

Fig. 149.



Die beigegebene Fig. 149 zeigt die Veranstaltung zur Beobachtung des Unterschiedes in der Temperatur zweier Löthstellen, davon die eine bei *k* in einem Bierglase am Bord eines Schiffes befindlich, die andere bei *b*, tief auf dem Grunde des Meeres ruht.

An der einen Seite der Schnur eines Senkbleies *gh* befestigt man einen Neusilberdraht *fc*, an der andern einen Eisendraht *bd*, doch so, daß sie sich nirgends berühren als am untersten Ende des Seiles selbst, wo sie bei *b* zusammengelöthet sind. Man sieht in der Zeichnung angegeben, wie dieses durch kleine Holzspreizen *s* (ziemlich unten und an dem Bord des Schiffes) gemacht werden kann, natürlich müssen entweder solche Spreizen sehr häufig angebracht werden, oder man

bespinnt die ganzen Drähte von einem Ende zum andern mit Baumwolle, damit, auch wenn sie durch Drehen trotz der Spreizen an einander gebracht werden, sich doch nirgends metallisch berühren können. In England hat man schon dazu vorgerichtete flache Seile von großer Haltbarkeit bei sehr geringer Dicke und Breite in den Werkstätten, in denen man die Bedürfnisse großer Schiffe findet, verkäuflich vorräthig und der Käufer hat nichts zu thun, als die beiden Enden, da wo sie aus dem flachen Seile heraussehen, zusammen zu löthen.

Aus dem Neusilberdraht, der so weit er auf dem Verdeck befindlich, jedenfalls übersponnen sein muß, hat man einen Multiplicator *mo* gewickelt (vergl. S. 533) in dessen Mitte eine empfindliche Magnetnadel steht. Der Eisendraht *d* darf an dieser Veranstaltung keinen weitern Theil nehmen und muß hinter dem Multiplicator soweit herum bis zur Löthstelle *k* geführt werden, daß er keinen Einfluß auf die Richtung der Nadel gewinnen kann.

Man läßt nunmehr das Senkblei *a* an seiner Schnur, begleitet von dem unten zusammengelötheten Doppeldraht in die Tiefe des Meeres hinab, indessen Multiplicator und Glas nebst der darin befindlichen zweiten Löthstelle des Doppeldrahtes ruhig auf dem Verdecke stehen bleiben.

Sobald das Senkblei *a* mit der einen Löthstelle *b* in eine Region kommt, deren Temperatur von der des Wassers im Glase, worin die andere Löthstelle steckt, verschieden ist, so wird sich diese Differenz, auch die geringste, an der Ablenkung der Magnetnadel zeigen und während des Sinkens kann man genau verfolgen, wie die Temperaturen mit zunehmender Tiefe sich ändern; wenn sie niedriger werden, wird die Magnetnadel nach einer, wenn sie höher werden, nach der andern Seite aus ihrer Lage weichen.

Will man nun die Temperatur selbst bestimmen, welche die eingesenkte Löthstelle hat, so hält man das Senkblei fest, daß es nicht weiter sinken kann, stellt ein empfindliches Thermometer in das Glas, worin die zweite Löthstelle befindlich und verändert durch Zugießen von kaltem oder warmem Wasser die Temperatur in dem Glase so lange, bis die Magnetnadel in dem Multiplicator ihre Normalrichtung hat.

Dies findet nur dann statt, wenn die Löthstellen des Doppeldrahtes (die eine 6000—10,000 Fuß tief unter dem Schiffsboden befindlich und die andere oben im Glase steckend) ganz gleiche Temperatur haben. Wenn also die Multiplicatornadel unter dem mit ihr vom Hause aus parallel stehenden Drahtgewinde keinen Winkel mehr macht, sondern genau nach ihrem richtigen Norden und Süden zeigt, dann mißt man mit dem Thermometer die Temperatur des Wassers im Glase ab und sagt: „so wie diese

Temperatur, ist auch diejenige der andern Löthstelle in 10,000 Fuß Tiefe", der Unterschied beträgt nicht ein Hunderttheil Grad und wenn man es nicht bis zu dieser Schärfe mißt, so kommt es nur davon her, daß unsre Thermometer nicht genau genug, nicht fein und scharf genug sind, um Hunderttheile eines Grades damit messen zu können.

Was nun den Apparat so außerordentlich wichtig macht, ist, daß er gestattet, eine beliebig lange Zeit hindurch nicht sowohl die etwa vorhandene Temperatur, als die fortschreitenden Temperatur-Veränderungen wahrzunehmen und zu messen.

So wie nämlich die in's Gleichgewicht gebrachte Magnetnadel nicht mehr in demselben verharrt, so wie sie nach Osten oder nach Westen um einige Grade abweicht, so sieht man daraus, daß die beiden Enden der Drähte nicht mehr gleiche Temperatur haben, man sieht auch an der Art der Abweichung (östlich oder westlich), ob die Temperatur des untern Endes höher oder niedriger ist, als die des oberen, und kann so den Gang der Wärme und Kälte leicht verfolgen und, an seinem Tische sitzend, ohne die Füße naß zu machen, doch auf dem Boden des Meeres mit dem Thermometer umherspazieren, in einem Glase Wasser die Veränderungen beobachten und genau messen, welche viele tausend Fuß unter dem Beobachter vor sich gehen und das Thermometerglas wird weder an einem Felsen zerstoßen, noch durch den ungeheuren Druck des Wassers zerquetscht.

Es ist dieses Experiment ein wahrer Triumph der Wissenschaft und zeigt, in welchem Grade wichtig das Studium der Physik für das practische Leben werden kann, es zeigt, wie unerreichbar scheinende, für den Menschen, wie man glauben sollte, unergründliche Dinge durch die Gesetze der Physik doch erreicht und ergründet werden können.

Von einer noch weit größeren Wichtigkeit ist die elektrische Telegraphie, von welcher wir jedoch erst sprechen wollen, wenn wir uns mit dem Elektromagnetismus näher bekannt gemacht haben, bevor wir aber zu diesen zusammengesetzten Erscheinungen übergehen, wollen wir vorher noch den physiologischen Theil des Galvanismus betrachten.

Elektricität thierischer Körper.

Erste Spuren physiologischer Wirkung.

Galvani's Gattin, Lucia, hatte jene große Entdeckung gemacht, welche ihrem Gatten einen unverdienten Nachruhm und seinem Namen einen Platz in der Geschichte der Wissenschaften, ihr aber nach einem frühen Tode ein Sonnet eintrug, das Du Bois-Raymond aus dem italienischen Original eines ungenannten Dichters, in folgender Art übersetzt hat:

An Signor Luigi Galvani.

Das holde Weib, das Dir die Macht der Liebe,
Ihr Herz besiegt mit goldnem Pfeil, verband,
Dann Tod mit seiner Sichel grausem Hiebe,
Als Blume für des Himmels Zier entwandt;

Sie war's, nicht Du, die neue Lebenstriebe
In hautentblößter Frösche Glieder fand,
Wenn hier der Nerven wunderbar Getriebe,
Dort funkensprüh'nden Leiter traf die Hand.

Wie flog die Treue einst, Dir's zu vertrauen,
Das Zauberwort, auf dessen Fittig nun
Dein Name Meer und Alpen überschreitet!

Jetzt blickt sie nieder auf Dein rühmlich Thun,
Des Glückes froh, das Deinen Schritt geleitet.
O wär's auch uns vergönnt, sie so zu schauen!

Allein bei weitem älter als diese Entdeckung, ist die von Sulzer in den Memoiren der Berliner Akademie vom Jahre 1460 mitgetheilte Thatsache (ob von Sulzer erfunden oder nur wiedererzählt, ist unbekannt), welche er zur Unterstützung seiner Theorie von den angenehmen und unangenehmen Empfindungen anführt: daß nämlich diese Empfindungen von einer schnell auf einander folgenden Reihe von Schlägen (Pulsationen) herrühren, und daß dieses sogar mit den Geruchs- und Geschmacksempfindungen nicht anders sei.

In dieser Abhandlung von Sulzer findet sich folgende Stelle: „diese Hypothese scheint durch eine ganz merkwürdige Erfahrung bestätigt zu werden. Wenn man zwei Stücke Metall, ein bleiernes und ein silbernes, so mit einander vereinigt, daß ihre Ränder eine Fläche ausmachen und man bringt sie an die Zunge, so wird man einen gewissen Geschmack daran merken, der dem Geschmacke des Eisenvitriols ziemlich nahe kommt, da jedoch jedes Stück besonders nicht die geringste Spur von diesem Geschmacke hat. Nun ist es nicht wahrscheinlich, daß bei dieser Vereinigung der beiden Metalle von dem einen oder dem andern eine Auflösung vorgehe und die aufgelösten Theile in die Zunge eindringen. Man muß also schließen, daß die Vereinigung dieser Metalle in einem von beiden oder in allen beiden eine zitternde Bewegung in ihren Theilchen verursachen und daß diese zitternde Bewegung, welche nothwendig die Nerven der Zunge rege machen muß, oben erwähnten Geschmack hervorbringe."

Dieser unverkennbar galvanische Geschmacksversuch blieb, so wie der interessante Wink, den Sulzer giebt, unbeachtet, wahrscheinlich weil er von einem Unzünftigen, einem Böhnhasen herkam, denn das Zunftwesen, welches damals noch viel greller auftrat, als jetzt, duldete es nicht, daß irgend etwas in einem wissenschaftlichen Fache entdeckt wurde von Jemandem, der nicht zum Fache gehörte; dieser Zunftzwang unter den Gelehrten macht sich noch jetzt sehr breit und hätten wir nicht seit dem Anfange dieses Jahrhunderts die Naturforscher-Versammlungen in den deutschen Ländern im Norden und im Süden, so würde man von des Seidenwebers Scheibler merkwürdigen Klangversuchen wahrscheinlich so wenig etwas wissen, als von des Apothekers Davy, des Buchbinders Faraday, des Handlungsdieners Bessel und des Artillerielieutenants Enke Entdeckungen.

Der einzige Zünftige, welcher von der Mittheilung Sulzer's Notiz nahm, war Lichtenberg, der sie in Folge der Entdeckungen Galvani's und Volta's in den Göttinger Taschenkalender vom Jahre 1794 aufnahm, sonst wäre sie wahrscheinlich in den längst veralteten Memoiren der Akademie für immer begraben gewesen.

Als Galvani's Gattin die oft berührte Entdeckung gemacht und sie nun wirklich, wie das Sonnet sagt, über das Meer und über die Alpen gegangen war, da suchte man nach Andeutungen über frühere Beobachtungen der thierischen Elektricität und glaubte dieselben in dem Brief des Professors der Anatomie zu Neapel Dr. Cotugno zu finden, den er am 3. October 1784 an Ritter Virenzio über einen merkwürdigen Vorfall schrieb, von welchem Du Bois sagt, daß es wohl endlich Zeit wäre, daß er in die verdiente Vergessenheit geriethe, der er selbst jedoch entreißt, indem er

denselben in seinem vortrefflichen Werke „Untersuchungen über die thierische Elektricität“ verewigt.

Geschah dies von Du Bois-Reymond selbst, der den ganzen Brief übersetzt, so wird es dem Verfasser nicht verargt werden können, wenn er denselben gleichfalls mittheilt, um so mehr, als derselbe ein merkwürdiges Zeugniß davon ablegt, bis wohin die aufgeregte Phantasie führen kann.

Cotugno ward eines Morgens, gegen Ende März 1784, als er an einem Tische saß, einer kleinen Hausmaus zu seinen Füßen gewahr, welche ihrem Felle nach sehr jung sein mußte.

„Da sich das kleine Thier nicht sehr geschwind bewegen konnte, so ergriff ich die Maus (sagte er) leicht bei der Haut auf dem Rücken und wandte sie so, daß die untere Seite heraufwärts kam und nun wollte ich sie mit einem kleinen Federmesser, welches vor mir lag, lebendig anatomiren.

„Als ich den ersten Schnitt in den Bauch machte, befand sich die Maus zwischen dem Daumen und Zeigefinger meiner linken Hand und ihr Schwanz ging zwischen den zwei letzten Fingern hindurch, kaum hatte ich nun einen Theil der Haut durchschnitten, so bewegte die Maus ihren Schwanz zwischen meinen Fingern und schlug damit so heftig an meinen dritten Finger, daß ich zu meinem größten Erstaunen durch den linken Arm bis an den Hals eine Erschütterung fühlte, welche von einem innern Zittern, einer schmerzhaften Empfindung in den Armmuskeln und einem solchen Schwindel im Kopfe begleitet war, daß ich vor Schrecken die Maus fallen ließ. Der Krampf im Arm dauerte über eine Viertelstunde und ich konnte nachher nicht ohne Grauen an diesen Vorfall denken. Es war mir vorher gar nicht eingefallen, daß ein solches Thier elektrisch sein könne, allein jetzt wurde ich durch die Erfahrung davon hinlänglich überzeugt.“

Wenige möchten jetzt diese Ueberzeugung theilen, allein so jung war damals die naturwissenschaftliche Kritik und so gespannt waren damals alle Gemüther der Botschaft von einer thierischen Elektricität zugewendet, daß dieser Bericht das größte Aufsehn machen konnte. Ja man glaubte sogar, daß der besprochene Vorfall Galvani zu seinen Untersuchungen mit den Froschschenkeln angeregt habe, wovon jedoch thatsächlich keine Rede.

Cotugno's isolirte Erfahrung bleibt immer schwierig zu erklären, sie würde sich am unmittelbarsten an die Erscheinungen der elektrischen Fische schließen, wenn sonstige Erfahrungen etwas Aehnliches in den warmblütigen höhern Thierklassen nachgewiesen hätten. Immerhin wäre es möglich, daß die von Todesangst ergriffene Maus ihren Schwanz mit solcher Heftigkeit (Geschwindigkeit) gegen die Finger des Beobachters bewegte, daß die bloße

mechanische Einwirkung, die vielleicht zufälliger Weise auf einen einzelnen Nervenzweig unmittelbar traf (wie dieses öfters bei dem Anstoßen des Ellenbogens eine so unangenehme Empfindung giebt), verbunden mit dem Unerwarteten, solche Wirkungen hervorzubringen im Stande war. Auf jeden Fall hat eine eigentliche galvanische Action keinen Theil daran.

Eben so wenig ist dieses bei den sogenannten elektrischen Menschen der Fall. Einige Personen bilden sich ein, sie seien elektrisch, weil eine Glasröhre, die sie mit der Hand reiben, leichte Körperchen anzieht, ja sie nehmen es sehr übel, wenn man ihnen dies nicht glaubt und es etwa auf den natürlichen Grund, auf Erregung der Elektricität durch Reibung des Glases schiebt; Andere glauben, sie seien elektrisch, weil beim Kämmen ihres Haares mit einem Hornkamm die Haare sich sträuben, wohl gar knistern, was denn auch weiter nichts ist, als die gewöhnliche Erregung der Thierhaare durch die Reibung; Andere geben vor, es zu sein, um durch betrügliche Täuschungen Bewunderung oder Sousstücke zu erlangen, wie Angelique Cottin, von welcher wir bereits erzählt, noch Andere endlich sind wirklich elektrisch, ungefähr wie eine Katze, wenn sie auf einem isolirenden Gegenstande sitzt — allein dies Alles ist nicht Galvanismus und wird nur angeführt, um etwas für die Elektricitätslehre Interessantes nicht zu übergehen, weshalb wir auch noch die Erzählung von der jungen Dame mittheilen wollen, welche in Amerika (von wo uns auch die Tischklopferei und der Geisterwahnsinn gekommen ist) so großes Aufsehen machte, wie Du Bois dieselbe in seinem angeführten großen Werke gegeben hat. „Zu Oxford (Grafton County, New-Hampshire) ward am 25. Januar 1837 ein strahlendes Nordlicht beobachtet. Da bemerkte diese elektrische Dame inmitten der zur Beobachtung versammelten Gesellschaft, indem sie mit der Hand die Wange ihres Bruders streichelte, zu Beider nicht geringem Erstaunen, daß elektrische Funken aus jeder Fingerspitze nach dem berührten Gesichte übersprangen. Die ganze durchaus" (nicht) „zu Zweifeln geneigte Gesellschaft überzeugte sich durch Gesicht und Gefühl von den Funken und der etwas später hinzugekommene Berichterstatter Dr. Willard Hosford, ein „„achtungswerther"" Arzt, erhielt von den Knöcheln der Dame einen ¾ Zoll langen Funken an die Nase, über den er im Zurückprallen jeden Zweifel vergaß. Dies elektrische Vermögen hielt bis zu Ende Februar mit wachsender Stärke an, begann alsdann zu sinken und verschwand erst gegen Mitte Mai. Es blieb sich während dieser Zeitdauer nicht stets an Stärke gleich, indessen sei zu vermuthen, daß vom 25. Januar bis zum 1. April die Dame zu jeder Zeit im Stande war, elektrische Funken abzugeben. Eine Temperatur von 70—80 Grad Fahrenheit, leichte Körperbewegung,

Gemüthsruhe, gesellige Erheiterung, beförderten das Hervortreten der Erscheinung; unter diesen aber war der Einfluß der Temperatur am deutlichsten, da, noch ehe das Thermometer den Nullpunkt erreichte, die Elektricität völlig verschwunden war."

(Mit dem Nullpunct ist hier jedoch, obschon nach Fahrenheit'schen Graden gerechnet wird, doch der Frostpunkt gemeint, was sich daraus ergeben möchte, daß in Mursey's Bericht 25 Grad Fahrenheit = 3°,88 Centigrade als die ungefähre Grenze des elektrischen Vermögens sich angegeben finden.)

„Barometer- und Hygrometerstand übten keinen Einfluß aus. Der Isolator, auf dem die Dame sich befand, war einfach der türkische Teppich ihres Zimmers und gestattete keine höhere Spannung, als die sich nachher in Funken von 1 und ½ Zoll entlud, wurde aber ein metallischer Leiter $\frac{1}{16}$ Zoll von ihrem Finger gehalten, so ging alle Sekunde ein hör-, sicht- und fühlbarer Funke über.

„Wenn sie, die Füße in der Nähe des eisernen Ofens, mit Lesen beschäftigt, saß und keine andere Bewegung vornahm, als daß sie athmete und von Zeit zu Zeit das Blatt umwendete, so schlugen in der Minute drei und mehr Funken nach dem Ofen über, trotz der Nichtleitung ihrer Schuhe und seidenen Strümpfe. Sie konnte isolirte Personen laden, ja so stark, daß diese wiederum eine dritte Person zu laden vermochten. Unter günstigen Umständen gab sie in der Minute vier 1½ Zoll lange Funken einer broncenen Kugel an dem Ofen ab, deren Knattern durch das ganze große Zimmer gehört wurden. Dieses geschah sogar, freilich auf Kosten des Glanzes der Funken durch eine Kette von vier Personen hindurch. Das Haar der Dame sträubte sich nicht durch elektroskopische Abstoßung, unstreitig weil es zu fest gemacht war (ihr Haar war sehr glatt gestrichen und an ihrer Toilette wohl befestigt, bevor sie auf dem Isolator erschien, sagt der amerikanische Berichterstatter). Sie ging gemeiniglich in Seide gekleidet. Der Arzt ließ sie statt dessen Baumwolle und Wollenzeug anlegen und ihre Schwester die seidenen, von jener abgelegten Stoffe tragen, aber diese wurde weder dadurch elektrisch, noch büßte die Erstere ihre außerordentliche Fähigkeit ein, ja den Erfahrungen über den gewöhnlichen Grad freiwilliger Elektrisirung an isolirte Menschen zuwider — sogar der Schweiß vermochte dieser Fähigkeit nichts anzuhaben.

„Die Dame ist 30 Jahr alt, seit 10 Jahren mit dem Colonel B. kinderlos verheirathet, von zarter Constitution, nervösem Temperament, sitzender Lebensart, meist mit Lesen oder weiblichen Handarbeiten beschäftigt. Obschon fast immer kränklich, ist sie doch niemals bettlägerig gewesen. Vor

und gleichzeitig mit dem elektrischen Zustande, litt sie an rheumatischen und neuralgischen Beschwerden. Während derselben befand sie sich außerdem in einer ernsthaften Geistesstörung, vorzüglich in Folge der unerträglichen Belästigung, die ihr durch die fortwährend von ihrem Körper nach jedem berührten Gegenstande, als Nadel, Scheere und dergleichen, mit dem bekannten stechenden Gefühl überspringenden Funken verursacht wurde.

„Mit dem elektrischen Zustande schwanden auch ihre übrigen Leiden, so daß sie sich hinterher besser als zuvor befand. Das Zusammentreffen des ersten Erscheinens der elektrischen Fähigkeit mit dem Nordlichte wird von Dr. Hosford selbst übrigens für etwas rein Zufälliges erklärt oder höchstens für durch die Aufregung begründet gehalten, in welche ein reizbarer Zuschauer durch die Pracht und Erhabenheit des Anblicks leicht versetzt werden kann."

Du Bois-Reymond sagt nun ferner: „dieser Bericht ist allerdings höchst merkwürdig. Es scheinen hier nur zwei Fälle denkbar: entweder, daß das Ganze eine baare Erfindung ist, oder daß es wirklich einen pathologisch-elektrischen Zustand der beschriebenen Art giebt."

Der Berichterstatter Dr. Silliman scheint gar keinen Zweifel in die Sache zu setzen, er spricht, als ob er den andern Arzt, Dr. Hosford (ursprünglich der eigentliche Berichterstatter, von welchem Silliman die Thatsache hat), persönlich kenne, ist im September desselben Jahres, also wenig Monate nach dem Ereignisse in Oxford gewesen und hat dort sowohl als auch in der 18 Meilen südlich davon gelegenen Hochschule Dartmouth allgemeinen Glauben an dasselbe vorgefunden und dies scheint ein Zeugniß für die Wahrheit der Sache zu sein; wer aber die Neigung der Amerikaner, der Bewohner der united states, kennt, dieses „höchst moralischen Volkes" wie sie sich prahlerisch gegen einen Jeden zu tituliren pflegen, dieser corrumpirten Abkömmlinge des nichtswürdigsten Auswurfes aller europäischen Nationen, wer ihre Neigung zum Lügen und Betrügen, wer ihre kitzelnde Lust an Aufschneidereien und sogenannten Humbugs kennt, der ist über die ganze Sache keinen Augenblick zweifelhaft. Es giebt nichts so Verrücktes, was ein Vereinsstaatler nicht zu seiner Unterhaltung einem Andern weiß zu machen suchte, nichts so Verrücktes, was, bei dem gänzlichen Mangel an aller wissenschaftlichen Bildung nicht Hunderttausende sofort glaubten, ja sich zu Zeugen, daß sie es selbst gesehen, erböten und unbedenklich beschwören.

Bei einer solchen, überall von den Canadischen Seen bis zum mexicanischen Meerbusen und vom atlantischen bis zum stillen Ocean vorwaltenden Neigung, ist diese Geschichte kein Wunder, sondern im Gegentheil, das ist

ein Wunder, daß die Dame nicht Funken von sich gegeben hat, welche durch drei Fuß dicke Mauern gedrungen sind, welche Eisenplatten geschmolzen, silberne Schüsseln durchlöchert haben, wie Schrotschüsse, als ein gutes Seitenstück zu dem Wirthshausschilde in Cincinati, welches gemalt war wie eine Marmortafel und zwar so täuschend, daß, als es zur Probe in den Ohio geworfen wurde, dieser das Brett zu Boden sinken ließ, als ob es eine wirkliche Marmortafel gewesen wäre. Zunächst liegt einem Vorfalle wie der erzählte, nichts weiter, als die Sucht, Aufsehen zu erregen, zum Grunde, die Dame erzählt ihr Leiden, es wird geglaubt und weiter erzählt, das Untersuchen solcher Angaben beschränkt sich höchstens darauf, die betheiligte Person selbst zu fragen, in der Regel ist man mit den Erzählungen Anderer, die selbst die Sache aus dritter und zehnter Hand haben, zufrieden, und was die Untersuchenden, die Männer der Wissenschaft, die Doctoren, betrifft, so möge sich doch ja Niemand davon blenden lassen. Ein jeder legt sich den Titel bei, der ihm am Besten gefällt. Jeder, der in der Miliz ein Jahr, oder einen Monat gedient hat, ist, sowie er austritt, Capitain und avancirt im Civilstande ganz nach eigenem Gefallen, ernennt sich selbst, oder wird genannt von seinen Freunden, Major, Colonel, General, welche Charge er im 36. Jahre fast immer erreicht hat, so daß dort das wahre Paradies der Offiziere wäre, wenn sie nur auch ein Patent und eine mäßige Gage hätten, diese muß freilich bei solchen Selbsternennungen wegfallen, denn sollten die Vereinigten Staaten alle Obristen und Generale besolden, welche sie in ihren Grenzen unter den Farmern, Viehhändlern, Branntweinschenkern ꝛc. haben, so müssen sie jedenfalls in einem Jahre banquerut werden. Würtemberg, welches unter König Friedrich bei 17,000 Soldaten 40 Generale und 60 Obristen zählte, war damals (bis zum Jahre 1816) noch nicht zum hundertsten Theile so gut versehen, als Nordamerika, denn kam dort auf jede Compagnie ein General oder ein Obrist, so findet man in Amerika für jede Rotte von 3 Mann einen Stabsoffizier.

So nun ist es auch mit den Universitäten und Doctoren. Wer eine Schulanstalt eröffnet, nennt sie ein College, wer eine Schule mit drei oder vier Lehrern besetzt, eröffnet, nennt seine Anstalt eine Universität — wagt es bei uns hier und dort ein alter practischer Chirurgus sich Doctor nennen zu lassen (nie selbst sich so zu nennen), so ist dort ein jeder Barbier von Hause aus Doctor medicinae und wer nun etwa wirklich ein Recept verschreiben kann, gilt für ein großes Licht, wird berühmter Arzt eines berühmten Badeortes und stellt sich dann auch gleich in die Reihe der Naturforscher! Auf die Berichte solcher Leute ist nicht viel zu geben.

Die Untersuchungen Du Bois' haben nun wohl allerdings die Elek-

tricität in warm- und kaltblütigen Thieren nachgewiesen, allein auch zugleich gezeigt, bis zu welchem Grade geringfügig die Spuren sind, wie fein die Instrumente seien, wie vielfältig die erzeugten Strömungen wiederholt, um die empfindlichste Magnetnadel geführt werden müssen (der Multiplicator hat 20,000 Windungen und die an einem Coconfaden oder einem Haar aufgehängte Nadel ist so vollkommen astatisch, daß sie erstens sich gar nicht mehr nach Norden oder Süden richtet, sondern jede beliebige Stellung annimmt, zweitens innerhalb des Multiplicators lediglich von der Kupfermasse desselben mitgenommen wird und vermöge der Empfindlichkeit auch immer in der Mitte desselben schweben bleibt. (Siehe den Artikel Multiplicator S. 430.)

Durch ein solches Instrument kann man allerdings viel erfahren. Wenn ein Multiplicator von 50 Windungen und einer Magnetnadel, die nicht an einem Faden hängt, sondern auf einem Stifte schwebt, schon einen Ausschlag von 30 Graden giebt bei Berührung zwischen einer Stecknadel und einer Nähnadel, so kann man denken, wie wenig dazu gehört, um ein so überaus zartes Instrument zu bewegen.

Fig. 150.

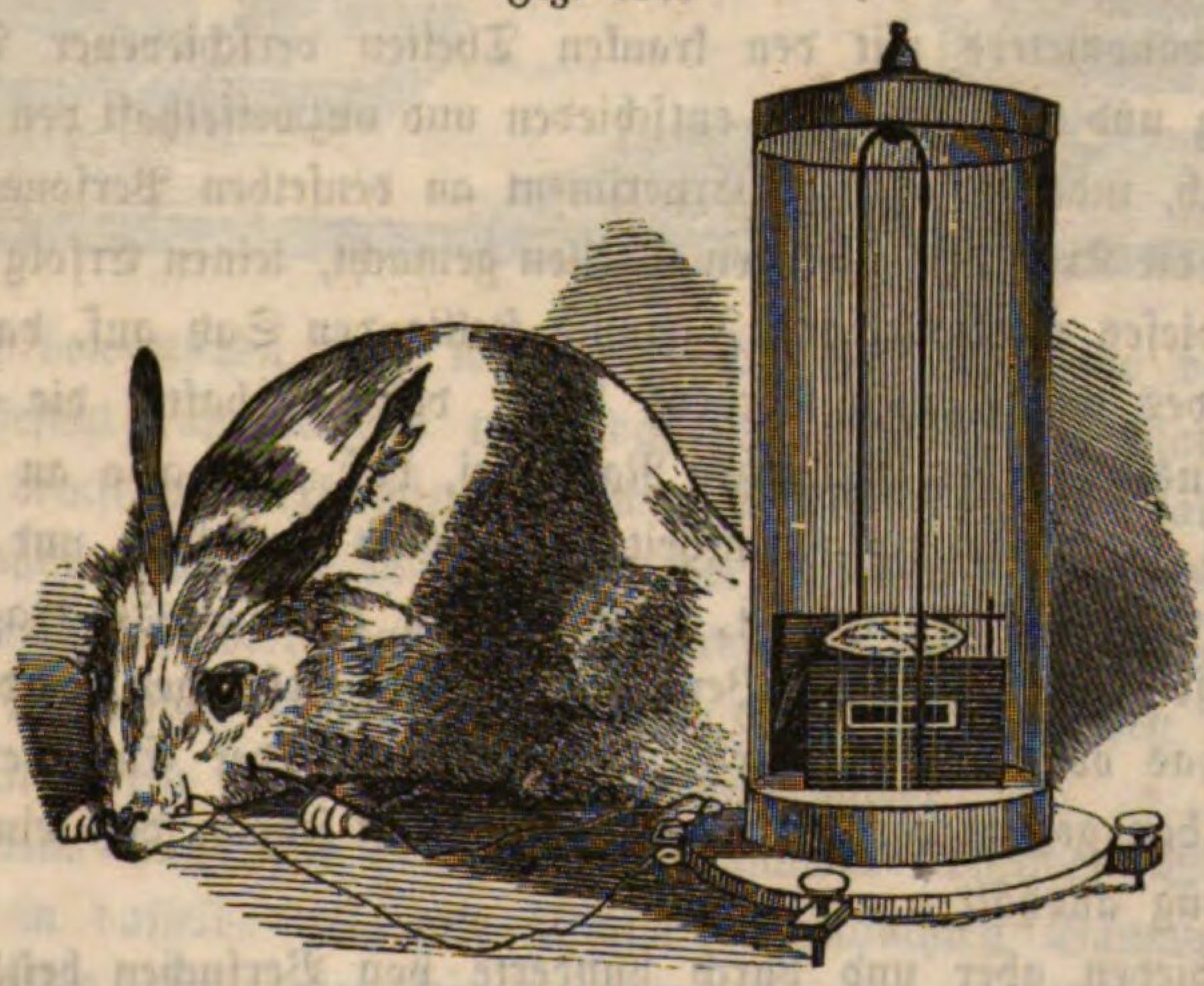


Fig. 150 zeigt einen Galvanometer, der sich nur durch die Menge der Windungen und die Feinheit des dazu verwendeten Drahtes von andern Instrumenten derselben Gattung unterscheidet. Die feinen Drähte, welche von demselben ausgehen, werden entweder, wie hier gezeigt ist, direct angewendet, oder es kommt eine später zu beschreibende Vorrichtung dazu, durch welche die Berührung vermittelt wird.

Irgendwo in der Mitte und am Ende eines Muskels, gleichviel groß

oder klein, macht man zwei Einschnitte mit einem sehr scharfen Skalpel oder Bistouri und führt (wie z. B. die Figur an den Kaumuskeln eines Kaninchens zeigt) die beiden Drähte in die Einschnitte

So lange das Thier ruhig sitzt, bemerkt man an dem Galvanometer nicht die geringste Bewegung, so wie dasselbe aber, um Witterung von irgend etwas zu nehmen, die Nase schnuppernd bewegt, oder die Lippen empor zieht, bemerkt man augenblicklich einen starken Ausschlag.

Es bedarf solcher Marter eines Thieres gar nicht, die lebendige Muskelbewegung eines gesunden Menschen bringt dieselbe Wirkung hervor, wie wir sogleich zeigen werden, aber auch Krankheitserscheinungen stehen mit der Elektricität in einer eigenthümlichen Wechselwirkung. Der Professor Schultz von Schultzenstein zeigte am 26. Januar 1856 in dem großen Berliner Krankenhause (Charité) einer sehr zahlreichen Versammlung höchst merkwürdige Versuche über Entwickelung von Elektricität in Krankheiten, ganz auf dieselbe Weise wie jeder feine elektrische Strom durch die Ablenkung der astalischen Nadel innerhalb der Windungen eines Multiplicators nachgewiesen wurde.

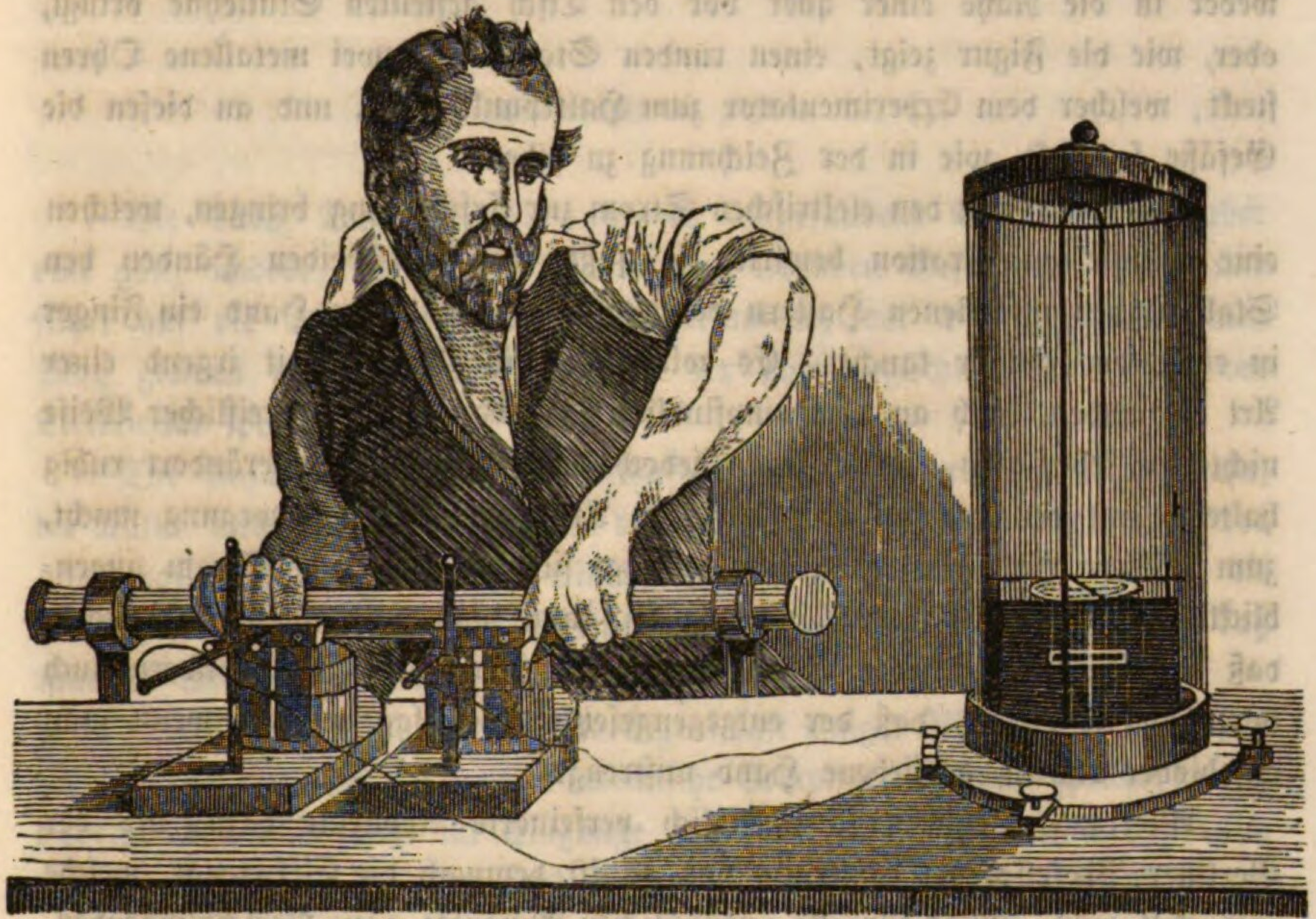
Derselbe (Professor Schultz) brachte die Drahtenden eines empfindlichen Galvanometers mit den kranken Theilen verschiedener Patienten in Verbindung und wies jedesmal entschieden und unzweifelhaft den galvanischen Strom nach, indessen dasselbe Experiment an denselben Personen, jedoch an nicht durch die Krankheit afficirten Stellen gemacht, keinen Erfolg hatte. Der Entdecker dieses merkwürdigen Factums stellte den Satz auf, daß, je stärker ein Theil des menschlichen Körpers leide, desto lebhafter die Schwingung und der Ausschlag der astatischen Nadel sei, daß man also an diesem Prüfungsmittel die Höhe der Krankheit, den Grad derselben und ob sie sich steigere oder im Abnehmen sei, wahrnehmen könne. Es fragt sich nun, ob sich dieses durch weiteren Verfolg der Sache bestätigen werde; vorläufig steht nur das oben Gedachte fest, in so weit als der Entdecker der Thatsache dieselben gezeigt hat; sehr wohl möglich ist jedoch, daß sein Experiment jede Prüfung aushält.

Entschieden aber und durch hunderte von Versuchen bestätigt ist es, daß Muskelspannung, Anstrengung, Abspannung einen elektrischen Strom verursacht. Um jede fremde Einwirkung zu beseitigen, stellt Du Bois-Reymond die Versuche mit äußerster Vorsicht an, wie folgt:

Auf einem Brett, das als Fußgestell dient, befestigt man einen messingnen Ständer, welcher ein Querstück trägt, das mittelst einer Schraube in jeder Stellung festgehalten werden kann, wie der Körper einer Schiebe-

lampe auf ihren Fuß. Die Fig. 151 zeigt im Vordergrunde links zwei solche Gestelle neben einander.

Fig. 151.



An den beweglichen Arm wird einerseits ein Drahtende des Galvanometers befestigt, andererseits trägt dasselbe zwei Stücke Platina neben einander an demselben verbindenden Leiter. Diese Platinbleche tauchen senkrecht in schwach gesäuertes Wasser (um der besseren Leitung willen) und dienen zur innigeren Verbindung des Letzteren mit dem Galvanometer; die Figur zeigt die beiden Gefäße, jedes mit zwei Platintäfelchen und jedes verbunden mit einem Ende des Galvanometerdrahtes.

Wenn man nun diese beiden neben einander stehenden Wassergläser durch einen in dasselbe gesäuerte Wasser eingetauchten Baumwollendocht oder durch nasses Fließpapier mit einander verbindet, so ist eine ununterbrochene Verbindung von festen und flüssigen Leitern vorhanden; allein es darf keine Bewegung an der Galvanometernadel gesehen werden, geschieht dies, so sind die Platinplatten nicht ganz homogen oder es sind die Säuremengen in den beiden Gefäßen nicht ganz gleich (dies muß man so bewerkstelligen, daß man die Mischung für beide Gläser in einer Flasche in genügender Menge bereitet), kurz es ist etwas vorhanden, was eine galvanische Bewegung veranlaßt, dies muß erst beseitigt werden.

Ist dies geschehen und spricht die Nadel beim Verbinden der Gefäße nicht an, dann erst ist sie zum Versuche fertig.

Der Versuch selbst wird nun so angestellt, daß man die Gefäße entweder in die Nähe einer quer vor den Tisch gestellten Stullehne bringt, oder, wie die Figur zeigt, einen runden Stab durch zwei metallene Ohren steckt, welcher dem Experimentator zum Haltepunkt dient, und an diesen die Gefäße so rückt, wie in der Zeichnung zu sehen.

Will man nun den elektrischen Strom zur Erscheinung bringen, welchen eine Muskelconcentration bewirkt, so faßt man mit beiden Händen den Stab in den metallenen Haltern dergestalt, daß von jeder Hand ein Finger in eines der Gläser taucht. Es wird, da keine Ungleichheit irgend einer Art vorhanden, auch an dem empfindlichen Galvanometer begreiflicher Weise nichts zu sehen sein, sobald man jedoch die eine Hand unverändert ruhig haltend, mit der anderen oder mit dem Arme eine Muskelbewegung macht, zum festeren Halten der Holzrolle, so zeigt sich der elektrische Strom augenblicklich, und daß es keine Täuschung sei, kann man nicht allein daran sehen, daß dasselbe sich bei jeder Wiederholung des Versuches zeigt, sondern auch vorzugsweise daran, daß der entgegengesetzte Ausschlag erfolgt, wenn man die bisher ruhend gebliebene Hand anstrengt.

Allerdings gehören so unendlich verfeinerte Apparate dazu, als der Berliner Professor sie construirt hat, es ist demnach die Elektricität, welche entwickelt wird, etwas für alle gewöhnlichen Apparate ganz Verschwindendes, es ist so klein, daß die Fehler, welche die Instrumente haben, möglicher Weise den ganzen Versuch verkehren oder unthunlich machen, allein wie schwach er auch sei, so ist dieser elektrische Muskelstrom doch nachgewiesen, so wie Aehnliches für die Nervenströmung erwiesen ist.

Diese Elektricität unterscheidet sich durch ihre Ursache gänzlich von derjenigen, welche Menschen sonst zeigen; jene früher besprochene, falls sie vorhanden ist, kann wie die Verdampfungselektricität dadurch entstehen, daß ein thierischer Körper durch den Athmungsprozeß so wie durch die gewöhnliche Hautausdünstung, vermöge der Verwandlung einer Quantität Wasser in Dampf Elektricität erzeugt. Diese Elektricität wird, wenn der Mensch oder das Thier sehr gut isolirt ist, sich dadurch wahrnehmen lassen, daß man ein empfindliches Elektrometer mit dem so isolirten in Verbindung bringt. Eben so kann das trockne Haar eines Menschen, wenn es gestrichen wird, Ursache zu einer Divergenz der Blättchen eines Elektrometers werden, das ist der Fall, in welchem eine Katze sich jederzeit befindet, streicht man ihr Fell mehrere Male vom Kopf nach dem Schwanz hinab und sitzt sie dabei auf einem Isolirstativ, so wird man aus ihrer Nasenspitze einen sehr

deutlichen verstärkten Funken bekommen, welcher auch am Tage sichtbar ist und nicht klein und schwach wie die vielen kleinen Fünkchen, welche man im Dunkeln sieht, sobald man eine Katze rückwärts streicht.

Elektricität der Fische.

Die durch Du Bois-Reymond aufgefundene Elektricität ist aber eine ganz andere, sie ist im Innern des lebenden Geschöpfes thätig und führt auf die bei den Fischen wahrgenommene, der wir hier noch einen Platz gönnen wollen, bevor wir von der physiologischen Anwendung der Elektricität sprechen.

Die Anfänge zu allen Wissenschaften liegen im graueſten Alterthume, die Natur bietet sich dem Menschen dar, er darf nur sehen wollen. Manches allerdings liegt tief verborgen, wie die Gesetze der Himmelsbewegungen, die Polarisation des Lichtes, der Elektromagnetismus, Vieles aber so klar, daß man es nur zu fassen braucht und dennoch wird es nicht gefaßt.

Hierher gehört die wunderbare Eigenschaft einiger Fischspecies, elektrische Schläge zu ertheilen. Der alte lateinische Compilator Plinius spricht bereits davon, aber wie schon im Eingange angeführt, nur von einer Nachricht, welche er gehört. Er zeigt auch nicht die geringste Neigung, die Sache zu erforschen, noch viel weniger ihr irgendwie auf den Grund zu gehen; er läßt diese höchst wichtige, für ihn, den Naturkundigen, gewiß auch höchst interessanten Versuche liegen, als ob es irgend eine römische Stadtneuigkeit gewesen wäre.

Der älteste der bekannten elektrischen Fische ist der Zitterroche, Torpedo marmorata, auch Raja Torpedo. Er findet sich vorzugsweise im Mittelmeer, kommt jedoch auch an den atlantischen Küsten von Frankreich und Spanien vor. Er ist länglich scheibenförmig, vorn abgestutzt, gewöhnlich 8 bis 10 Zoll breit, wird jedoch auch 2 Fuß breit und dann 15 bis 18 Pfund schwer. Er ist leberbraun, weiß und braun marmorirt und dunkelbraun, fast schwarz getüpfelt. Er bringt im Frühjahr lebendige Junge zur Welt. Das Thier, ein Raubfisch, ist doch furchtsam und lebt meistens im Sande und im Schlamm verborgen, ist sehr langsam und erhält seine Beute nicht durch Ueberfall und Verfolgung, sondern dadurch, daß er die sich ihm nähernden Fische durch einen elektrischen Schlag dergestalt lähmt, daß sie nicht weiter können, worauf er sie denn gemächlich verzehrt.

Aristoteles und später Plinius und Aelian kannten diese Eigenschaft be-

reits, aber erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ward dieselbe näher untersucht, obwohl man schon 100 Jahre früher den stärksten aller elektrischen Fische, den Zitteraal (Gymnotus electricus) aus Surinam kannte.

Es wurde über die Eigenschaften beider Thiere so viel gefabelt, daß man es eigentlich Niemandem verargen konnte, wenn er die Gesammtheit dieser Eigenschaften in seinem Sinne zu einer weitläuftigen Fabel vereinigte und von Allem nichts glaubte, bis endlich im Jahre 1773 der Engländer Walsh in den Londoner Abhandlungen über den Fisch schrieb und die Elektricität mit siegenden Gründen als die Endursache wirklicher von dem Fische ausgehender Erschütterungen angab, indem er durch Versuche nachwies, daß der erhaltene Schlag ganz dem einer Leidner Flasche gleich sei, daß er durch Leiter (Metallplatten oder Stangen) gehe, durch Isolatoren nicht, daß er eine Reihe von acht Personen, die sich anfassen, gleichzeitig erschüttere und daß die Schläge in der Luft viel stärker seien als im Wasser, wo der ganze Fisch sich in einem Leiter befindet.

Seitdem man eine andere Quelle der Elektricität, die Berührung verschiedenartiger Körper (den Galvanismus) kennt, hat sich das Wunderbare sehr einfach aufgeklärt; das Organ, womit dieser Fisch Erschütterungen giebt, gleicht wirklich einer elektrischen Batterie von sehr vielen Gliedern, einem Trogapparat. Dasselbe liegt auf beiden Seiten des Rückgrates zwischen Bauch und Rücken, wenn man von unten nach oben mißt, zwischen dem Kopf, den Kiemen und den Brustflossen, wenn man von der Mitte des Körpers nach den Seiten zu zählt. In der beigegebenen Fig. 152 sieht man dasselbe bloß gelegt. Die Mittellinie scheidet die glatte Oberfläche des Fisches von dem bloßgelegten Innern. Nahe der Mitte sieht man einen Theil des Körpers, dann einen schwachstrahlig gehaltenen Bogen, zwischen diesem, den Kiemen des Fisches und dem äußersten breitstrahlig gezeichneten Rande, welcher den Apparat zur Bewegung der Brustflossen enthält, sieht man das schwärzlich gehaltene, weiß punktirte, elektrische Organ. Es besteht aus einer Menge unregelmäßiger, sechs-, auch fünfseitiger Zellen, welche senkrecht neben einander stehen, wie die Zellen einer Honigwabe.

Fig. 152.



Die von Geoffroy de St. Hilaire in Alexandrien angestellten Untersuchungen haben ergeben, daß diese Zellen sehnig sind, sich bis auf 1200 auf jeder Seite belaufen und mit einer gallert- oder eiweißartigen Flüssigkeit angefüllt sind, wozu vier große Nervenäste gehen, welche aus einem sehr mächtigen Nervenstamme kommen.

Die Schläge, welche dieses Thier willkürlich (nicht bei jeder Berührung) giebt, sind sehr schmerzhaft und bei einem nur fußgroßen empfindlich. Der Fisch bewegt bei jedem Schlage seine Brustflossen heftig und der Schlag wird um so stärker empfunden, je größer die Fläche ist, mit welcher die Hand ihn berührt. Manchmal muß man das Thier reizen, bevor es schlägt, aber auch funfzig Mal in einer Minute hinter einander wiederholt es die Schläge. Berührt man den Fisch mit der ganzen Fläche einer Hand, so empfindet man in dieser Schläge, doch nicht tief dringende. Legt man den Fisch auf eine Metallplatte und faßt man diese an, so empfindet man nichts, weil die Elektricität des Fisches sich durch die Metallplatte ausgleicht, welche ein viel besserer Leiter ist als der menschliche Körper, hält man aber die Platte mit einer Hand und berührt man den Fisch auf dessen anderer Seite mit der anderen Hand, so wird der Schlag furchtbar heftig. Auch wenn der Leiter sehr lang ist, macht dies keinen Unterschied, allein wenn man den Fisch mit einem Holzstabe oder einer Glasstange berührt, empfindet man nichts. Ja die kleinste Unterbrechung eines Leiters genügt schon. Wenn man z. B. einen Staniolstreifen auf einen Holzstab klebt und nachdem derselbe getrocknet ist, ihn quer durchschneidet, wie dies mit einem scharfen Messer sehr leicht geschehen kann, so ist diese geringe Entfernung der Metallstreifen von einander schon ein Hinderniß der Fortpflanzung. Es liegt hierin eine neue große Aehnlichkeit mit den Erscheinungen der Berührungselektricität, welche auch bei aller ihrer ungeheuren Stromstärke doch eine sehr geringe Spannung, mithin eine geringe Schlagweite hat.

Es ist bereits gesagt, daß der Schlag durch mehrere Personen hindurchgeht, doch müssen die sich berührenden Hände benetzt sein, ist dies etwa durch Salzwasser geschehen und hat man einen großen, sehr kräftigen Fisch, so durchdringt der elektrische Strom sogar noch 20 Personen.

Im Wasser sind die Schläge weniger intensiv als an der Luft, weil der Leiter den Fisch rund umgiebt, doch erhält man immer noch bedeutende Erschütterungen, wenn man ihn mit beiden Händen faßt; die Leitungskraft des Wassers aber macht es möglich, daß Erschütterungen gefühlt werden, selbst ohne daß man den Fisch berührt und Walsh hat wirklich beobachtet, daß ein Zitterroche einen kleinen Fisch aus einer Entfernung von einigen Zollen schlug, ohne ihn zu berühren und ihn dadurch dergestalt betäubte, daß er wie todt sich umkehrte, worauf er denn sogleich von dem Rochen ergriffen wurde.

Die Identität der Elektricität des Zitterrochens mit der Berührungselektricität wurde zuerst durch John Davy dargethan, welchem es gelang, durch den elektrischen Strom Stahlnadeln zu magnetisiren und chemische

Wirkungen hervorzubringen; auch Becquerel hat in Klein-Venedig, d. h. in der an dem Ende der Lidi und der Lagunen liegende Stadt Chioggia, sehr interessante Untersuchungen über die Elektricität dieser Fische angestellt, namentlich aber die Richtung des Stromes in dem Leiter dargethan, derselbe geht nämlich von dem Rücken des Thieres zum Bauche; da er begreiflich bei geschlossenem Leiter im Kreise herum geht, so muß er also innerhalb des Thieres, d. h. innerhalb der elektrischen Batterie, von dem Bauche nach dem Rücken gehen. Es ist diese Bestimmung besonders durch das Galvanometer gelungen, welches bei allen Versuchen die positive Elektricität des Rückens anzeigte.

Die Versuche, welche der Italiener Mateucci gemacht, wenigstens mit großer Prahlerei bekannt gemacht hat, entbehren anderweitiger Bestätigung; man ist seit etwa 10 Jahren gegen seine Angaben um so mißtrauischer geworden, als er nicht nur sich unzähliger Plagiate schuldig gemacht, seine eigenen Schriften in den verschiedensten Journalen entweder ganz ohne oder doch mit nur sehr geringen Abänderungen hat drucken lassen, bloß um seine Person mit dem Schimmer einer sehr bekannten wissenschaftlichen Notabilität zu umgeben, sondern auch häufig ganz falsche Angaben gemacht, nur um durch scheinbar glänzende Entdeckungen im Gebiete der physiologischen Physik Aufsehen zu erregen. Was er bei dem Rochen vorzugsweise gefunden haben will, sind Funken. Er armirte (bekleidete) Rücken und Bauch des Fisches mit Staniolstreifen, an deren Enden feine Goldblättchen hafteten. Nunmehr brachte er die Goldblättchen bis zur Berührung und dabei will er deutlich sichtbare Funken erhalten haben.

Der Einzige, welcher diese Angaben bestätigt, ist Linari, welcher auch an einem empfindlichen Condensator Zeichen einer elektrischen Spannung erhalten hat. Wenn aber eine Elektricitätsquelle Funken giebt, so ist sie dadurch schon so reich, daß man nicht erst eines Condensators bedarf, um Spuren einer Spannung zu erhalten; diese Spannung erhält man von einem Paare Kupfer und Zink ohne Condensator, wenn nur die Werkzeuge gut sind und von solchem Plattenpaare (trocken an einander gebracht) erhält man noch lange keine Funken.

Sehr merkwürdig ist es, daß Faraday durch die Elektricität des Zitterrochens sehr feine Platindrähte so erhitzt hat, daß sie ein empfindliches Luftthermometer wahrnehmbar bewegten.

Der Zitteraal (Gymnotus electricus), ein Süßwasserfisch, dem Geschlechte der Aale angehörig, von 2 bis 5 Fuß Länge, hat ganz ähnliche Eigenschaften wie der Zitterrochen, nur in einem viel höheren Grade.

Das Thier sieht unserem gewöhnlichen Aale sehr ähnlich, nur ist die

Farbe entschiedener braun. Der Kopf ist platt gedrückt. Seine Brusthöhle ist außerordentlich kurz, sie nimmt kaum den achten Theil der Länge des Thieres ein, das mit Ausnahme dieses kurzen Stückes und des kleinen Kopfes zu mehr als drei Viertheilen aus Schwanz besteht.

Die Aale finden sich ziemlich häufig in den süßen Gewässern des heißen Amerika, sowohl in Flüssen als Seen. Während der Regenzeit verbreiten sie sich über das ganze Land, und in der trockenen Jahreszeit, wenn die Gewässer durch die mächtigen Ströme abgelaufen sind, bleiben sie in großen Massen zurück in den stehend werdenden Gewässern, und da diese nach und nach zu Dümpeln zusammengehen, so sind die Aale in diesen manchmal in so ungeheurer Menge, daß sie sich selbst gegenseitig tödten; in anderen Fällen, wo die Maulthierpfade durch solche Dümpel führen, veranlaßt ihre Anhäufung eine Verlegung der Straße, indem starke Saumthiere ihren Angriffen unterliegen. Die Aale müssen Luft schöpfen und kommen deshalb häufig an die Oberfläche des Wassers, werden sie daran gehindert, indem sie in Reusen oder durch Grundangeln gefangen werden (sie sind eine sehr beliebte Speise), so sterben sie bald den Erstickungstod.

Ihre merkwürdigste Eigenschaft sind die elektrischen Schläge, welche sie bei der Berührung versetzen können (können, denn es steht ganz in ihrer Willkür, es zu thun oder zu lassen).

Diese Eigenschaft hat zuerst ein holländischer Schiffsarzt (Richter) im Jahre 1671 in seinem Tagebuche beschrieben; er sollte Jemanden, der ihn mit einem Finger oder mit einem Stabe berühre, erstarren machen, in ihm Schwindel und Ohnmacht erregen. An Elektricität dachte man dabei so wenig, daß noch der Abbe Nollet, dem die Elektricitätslehre so manche wichtige Versuche dankt, diese Meinung sehr unwahrscheinlich findet (1760).

Zehn Jahre später gab Dr. Schilling, ein anderer Arzt der Colonie in Surinam, der Berliner Academie der Wissenschaften Nachricht von Versuchen, welche er an diesem Zitteraal mit dem Magnete gemacht. Der Fisch sollte bei der Annäherung eines armirten Magneten erst unruhig werden, dann bei der Berührung desselben heftige Erschütterungen erhalten. Legte man den Magnet in das Wasser, worin der Fisch befindlich, so ward der Fisch ganz still, kam nach einiger Zeit heran, als ob er von demselben angezogen würde, berührte ihn sehr oft und zog sich endlich höchst geschwächt von demselben zurück, so daß man, als er aus dem Wasser genommen wurde, ihn ohne Schaden berühren und in die Hände nehmen konnte. Die beiden Pole des Magneten schienen wie mit Feilspänen überzogen. Der Fisch erlangte einige Kraft wieder, nachdem man ihn einige Tage mit Brod

gefüttert hatte, wurde jedoch bald wieder so stark wie vorher, nachdem man Eisenfeilspäne in das Wasser geschüttet hatte.

Man sah diese Versuche lange Zeit als einen sehr entscheidenden Beweis für die Identität der Elektricität und des Magnetismus an, allein als sie wiederholt wurden, ergab sich, wie natürlich, ihre vollständige Grundlosigkeit. Walsh in London hatte einen dieser Fische lebend, Ingenhouß untersuchte denselben mit Magnetnadeln und Magnetstäben stärkster Art, fand aber die Nadeln gegen den Fisch und den Fisch gegen die Magnetstäbe gleich unempfindlich. Ist irgend etwas Wahres an Schilling's Versuchen, so dürfte es der Verlust der elektrischen Kraft, aber nicht durch den Magnet, sondern durch den als elektrischen Leiter wirkenden Magnet mit der Eisenarmatur und den messingnen Bändern sein. Wenn nämlich der Aal sich dem Metalle genähert und es für etwas Feindliches angesehen haben sollte, ihm also Schläge, vielleicht viele Schläge ertheilt hat, so wird hierdurch die Kraft des Thieres sehr herunter gebracht, und er bedarf der Erholung und der Nahrung, um sie wieder zu sammeln; daß er sie nach mehrtägiger Ruhe wieder erhalten, ist wahr, daß sie aber durch Hinzuthun von Eisenfeile befördert worden, ist unwahr — es geschah durch die noch längere Zeit.

Wie schlecht man noch zu jener Zeit beobachtete, möge der Verfolg von Ingenhouß' und Walsh' Untersuchungen lehren, welche uns Gehler höchst ergötzlich mittheilt.

Schilling's Nachrichten also sind falsch! „Dagegegen fand Dr. Ingenhouß und schon vorher Walsh an diesem Fische ein von allen bekannten Empfindungen ganz verschiedenes Gefühl oder einen eignen Sinn, mittelst dessen derselbe wahrnimmt, ob er die Körper, die in seinen Wirkungskreis kommen, treffen kann oder nicht." (Spalanzani's sechster Sinn, der hier aber nicht Fledermausigkeit, sondern Zitteraaligkeit heißen müßte.) „Er wird nämlich vollkommen gewahr, ob die leitende Verbindung, die man darstellt, unterbrochen ist oder nicht, ohne daß er das, was vorgeht, zu sehen braucht! Z. B. eine Gesellschaft von 10 Personen Hand in Hand stellt sich so, daß der Fisch nur die zwei letzten sieht, davon die eine den Finger bei seinem Kopfe, die andere bei seinem Schwanze in's Wasser hält.

„Wenn diese 10 Personen einander mit den Händen fassen, so bemerkt es der Fisch und schleudert den Erschütterungsfunken durch die ganze Gesellschaft. Sobald hingegen diese sich trennt, wird er es den Augenblick gewahr werden und sich nun hüten, seinen Blitz abzuschießen, überzeugt, daß dieser keine Wirkung haben könne."

Es ist dieses ungefähr so, als wollte man sagen: eine Volta'sche Säule von 100 oder 200 Plattenpaaren habe die wunderbare Fähigkeit,

durch ein eichenes Brett hindurch zu sehen, ob der Kreis von Personen, welche sich elektrisiren lassen wollen, geschlossen sei oder nicht, und sie habe den Eigensinn, um keinen Preis einen elektrischen Schlag zu geben, wenn sie nicht vorher sich überzeugt habe, daß die Kette geschlossen; habe sie aber dieses gesehen, so gebe sie den Schlag unweigerlich.

Der alte, wackere Gehler sagt auch: „Sollte nicht in dieser Bemerkung der Willkühr des Thieres zuviel beigelegt sein? Die Auslassung des Funkens (d. h. die Ertheilung des Schlages) kann ja in gewissen Fällen auch unwillkührlich erfolgen und sehr wahrscheinlich mag dies der Fall sein, wenn zwischen Kopf und Schwanz eine leitende Verbindung gemacht wird. Alsdann entladen sich beide Seiten, wenn die Verbindung vollkommen ist, hingegen entladen sie sich nicht, wenn Trennungen oder allzustarke Unterbrechungen stattfinden. Bei dieser sehr natürlich scheinenden Erklärung hat man gar nicht nöthig, eine Wahl und einen bemerkenden Sinn des Thieres anzunehmen, so wenig als sich dessen bei leblosen elektrischen Flaschen gedenken läßt."

Und hierin hat der wackere Mann auch vollkommen Recht. Man bekommt dabei wahren Respekt vor der Gelehrsamkeit und Gründlichkeit dieses Mannes, der ein Zeitgenosse des Dr. Ingenhouß war und verliert dagegen sehr das Vertrauen auf die Untersuchungen des Holländers (geboren zu Breda 1730), der, wenn schon lange Zeit in England practischer Arzt und als solcher zur Impfung der Erzherzogin von Maria Theresia nach Wien berufen, doch manches sehr Bedenkliche, nur mit strenger Kritik Aufzunehmende geleistet hat.

In jener Zeit des physikalischen Aberglaubens fabelte man, daß castrirte Thiere den Schlag nicht empfänden, daß dieses eben so bei wegen der Discantstimme verstümmelten Menschen sei und die sämmtlichen Sopransänger am Hofe des Kurfürsten von Sachsen mußten sich empfindlichen Proben mit Kleist'schen Verstärkungsflaschen aussetzen, bevor man glaubte, auf die elektrischen Thiere einen Rückschluß machen zu dürfen. Auch die Heilkraft des thierisch-elektrischen Stromes ward untersucht. Hühner, deren Zehen durch eine gichtartige Krankheit zusammen gezogen waren, so daß sie nicht mehr gehen konnten, wurden an den Rücken elektrischer Aale gehalten, schrieen fürchterlich, liefen aber gesund davon, als man sie losließ. Ein lahmer Negerknabe wurde durch den Zitteraal geheilt, indem man ihn bis an die Kniee in einen Zuber setzte, worin ein großer schwarzer Aal vorhanden. Drei Schläge an die Kniee heilten den Knaben.

Die interessantesten Nachrichten über den Gymnotus hat uns Humboldt mitgetheilt. Der Fisch findet sich nicht bloß in Cayenne und Su-

rinam, sondern im ganzen südlichen Amerika, soweit dasselbe nördlich vom Aequator liegt; am häufigsten findet man diese Aale jedoch in den kleinen Bächen und Sümpfen der ungeheuren Wüsten zwischen dem Orinoco und der Gebirgskette längs der Küste von Venezuela und Carracas, in welcher Provinz man sogar einen besonders besuchten Weg verlegen mußte, weil in einer Furth alljährlich eine Menge Maulthiere den Tod fanden, indem sie von den elektrischen Aalen geschlagen, gelähmt wurden und untersanken.

Es herrscht unter den Eingebornen eine große Furcht vor diesen Thieren, so daß Humboldt vergeblich 10 Francs für einen lebendigen Fisch bot, er mußte sich entschließen, selbst den Fang eines solchen zu versuchen; zu diesem Zweck hatte er sich Eingeborne mitgenommen, welche Pferde und Maulthiere in einen Dümpel trieben, in welchem Aale hausten. Als die Pferde das Wasser unruhig machten, gingen die Aale auf dieselben los und schlugen sie so gewaltig, daß die meisten untersanken und nur wenige Kraft genug hatten, sich an's Ufer zu retten, worauf sie niedersanken und ermattet, ja ganz erstarrt sich ausstreckten, als ob sie sterben würden.

Das Schauspiel dieses Kampfes ist höchst belebt und malerisch, die geängsteten Pferde sträubten die Mähnen und suchten zu fliehen, wurden aber von den vielen Indianern, welche das mit einer reichen Vegetation versehene Ufer umstellten, immer wieder zurückgetrieben.

Die schmutzig-braunen Aale schwimmen wie große Wasserschlangen an der Oberfläche und verfolgen den Feind. In weniger als fünf Minuten waren schon zwei Pferde todt niedergesunken. Der mehr als 5 Fuß lange Aal schlüpft unter den Bauch des Pferdes und entladet sein elektrisches Organ der ganzen Länge nach, wodurch das Herz und die Eingeweide und besonders das ganze Nervengeflecht in der Magengegend zugleich getroffen werden. Man muß sich daher nicht wundern, daß die Wirkung auf ein so großes Thier, wie ein Pferd, stärker ist als auf den Menschen, der nur an einer einzigen Stelle getroffen wird. Uebrigens wird wohl das Pferd nicht durch den Schlag selbst getödtet, sondern nur seiner Empfindung beraubt, gelähmt, wodurch es untersinkt und ertrinkt. Für ein solches Thier hat man übrigens nur 8 Francs zu bezahlen.

Nach einem viertelstündigen Kampfe verloren die Aale von ihrer Kraft, schwammen halb aus dem Wasser, flohen die Pferde und näherten sich ihrerseits dem Ufer. Die Pferde und Maulthiere thaten nun nicht mehr so furchtsam und keins stürzte mehr nieder und streckte die Beine in die Höhe wie vorher. Die Indianer behaupteten, daß keines mehr sterbe, wenn man sie zwei Tage hinter einander in's Wasser treibe. Die Aale bedürfen der Ruhe und der Nahrung, um wieder hinlängliche Elektricität zu sammeln.

Die an's Ufer geflohenen Aale kann man nun leicht fangen, man wirft ihnen kleine Harpunen an einer trocknen Schnur zu, welche nicht leitet. Auf diese Art waren in wenigen Minuten fünf große Aale auf dem Trocknen; man hätte leicht zwei Dutzend bekommen können, wenn es nöthig gewesen wäre. Einige waren nur schwach am Schwanze verwundet, einige stärker am Kopfe. Kein Indianer wollte sie aber von den Harpunen losmachen. Humboldt und Bonpland mußten es daher selbst thun und dabei empfanden sie stärkere Schläge als früher, je von einer Leidener Flasche, woraus man leicht die Behauptung der Indianer begreifen kann, daß schwimmende Menschen untersinken, weil sie einige Minuten lang ihre Glieder nicht rühren können.

Es giebt wenig Fische, welche so zahlreich wären als diese Aale. In den grenzenlosen Ebenen von Carracas, vom Aequator bis zum neunten Grad nördlicher Breite, welche man mit dem sehr weit verbreiteten Namen Guyana bezeichnet (obwohl nur die östlichste Uferstrecke dieses Striches wirklich die Guyana ist), finden sich auf jeder Quadratstunde 2 bis 3 Teiche voll von diesen Fischen. In Neu-Spanien, in Granada und im Westen der Andes oder nördlich der Gebirge, an der Küste von Carracas, scheint es keine zu geben, wohl aber auf der Südhälfte nach Condamine im Amazonenstrome. Sie sind Amerika ganz allein eigen und was man in Afrika dafür ausgegeben hat, ist der Zitterwels.

Das Wasser, in welchem diese Fische leben, hat 36 Grad C. und daher kommt es, daß die nach Europa gebrachten gewöhnlich so schwach sind. Die vier bekannten elektrischen Fische leben alle in heißen Gegenden, Zitteraal, Zitterwels, der elektrische Kröpfer und der Zitterrochen. Nur dieser letztere geht bis über den vierzigsten Grad der Breite hinaus, und welche Wärme das Mittelmeer hat, das weiß so ziemlich ein Jeder. Das Salz wird da durch die Sonne gekocht, man kennt keine anderen Salzsiedereien.

Zwei von diesen Fischen, der Wels und der Aal, gehören dem Süßwasser, die beiden anderen dem Meere an. Der Aal ist der größte und kräftigste von allen, wird bis auf 6 Schuh lang und 3½ Zoll breit (9 bis 10 Zoll im Umfang); ein nur 4 Fuß langer wog 12 Pfund. Die Farbe dieser Thiere ist nicht gleichmäßig und schattirt von schönem Olivengrün durch Braun bis in's Schwarze. Der Kopf ist unten schön gelb und roth gemischt. Vom Kopf bis zur Schwanzspitze hat er zwei Reihen gelber Flecken. Das sind Löcher, welche in die Haut dringen, jedoch nicht bis zu dem elektrischen Organ, sie sondern Schleim ab, welcher nach Volta's Untersuchung die Elektricität 20 bis 30 Mal besser leitet als Wasser.

Kein einziger Zitterfisch hat Schuppen. Das ganze Innere des Mundes

ist mit kleinen Zähnen dicht besetzt; die Zunge ist fleischig mit gelben Wärzchen. Die Aale lassen viel Luft aus den Kiemenlöchern, sie stecken auch oft den Kopf aus dem Wasser; einer, welcher sich während der Nacht aus dem Wasser geschnellt hatte, starb jedoch. Da die Oeffnung des Mastdarms ganz dicht hinter dem Kopfe liegt, so mißt der Schwanz, in welchem die elektrischen Organe liegen, vier Fünftheile der Länge des ganzen Thieres. Die Schwimmblase ist sehr lang, bei einem 4 Fuß langen Fisch maß sie 2½ Fuß, hatte also ⅝ der Länge des ganzen Thieres und ging weit über die Darmöffnung hinaus, neben den Rückenmuskeln hinweg, welche vom Querdurchschnitt kaum einen Drittheil einnehmen, aus acht Bündeln bestehen und durch eine Fettmasse getrennt sind, während die aus Sehnenblättchen bestehenden elektrischen Organe unmittelbar unter der Haut liegen und wegen der Durchsichtigkeit derselben sogar von außen gesehen werden können.

Da die Schwimmblase bei andern Aalen außerordentlich klein, bei diesen elektrischen aber so sehr groß und von einer außerordentlichen Menge von Gefäßen umgeben ist, so sollte man beinahe meinen, sie stände mit dem elektrischen Organe in Beziehung.

Die Empfindung, welche der elektrische Schlag der Thiere hervorbringt, scheint verschieden von derjenigen, die durch eine Verstärkungsflasche oder eine Volta'sche Säule hervorgebracht wird. Als Humboldt beide Füße auf einen aus dem Wasser gezogenen Aal stellte, bekam er einen so fürchterlichen Schlag, daß er den ganzen Tag Schmerzen in allen Gelenken fühlte. In solchem Falle allerdings kann man die Empfindung nicht gehörig unterscheiden, man muß die Versuche mit geschwächten Aalen machen und dann bemerkt man ein schwaches Zittern der Sehnen bis zum Ellenbogen, daher man diese Fische auch mit Recht Zitterfische nennt. Man hat eine ziemlich ähnliche Empfindung, wenn man eine wunde Stelle mit einem Plattenpaar galvanisirt.

Nachdem Humboldt auf diese Weise 4 Stunden lang experimentirt hatte, fühlte er eine gewisse Schwäche in den Muskeln und Schmerzen in allen Gelenken und eine allgemeine Unbehaglichkeit, welche beinahe den ganzen folgenden Tag dauerte, ohne Zweifel eine Folge des zu langen Reizes des Nervensystems.

Auch Humboldt erzählt, daß man in Surinam durch die Schläge dieser Fische Lähmungen heile, wie schon die Alten mit dem Zitterrochen gethan. Zieht man mit solchen Aalen andre Fische, ja 2 bis 3 Fuß lange Krokodile im Netze heraus, so bekommt man sie alle todt. In den Behältern werden die Aale bald ruhig, fressen, was man ihnen bietet, schlagen

nur, wenn man sie reizt, besonders am elektrischen Organ, an den Brustflossen, Lippen, Augen und an den Kiemen. Nach Bajon soll man nichts empfinden, wenn man innere Theile, z. B. die Rachenhöhle berührt.

Andere Thiere haben keinen Instinkt für die Gefahr. Eine Schildkröte kroch an einen Aal heran, bekam aber einen Schlag, daß sie eilig floh und nicht mehr in dem Behälter bleiben wollte, daher giebt es auch nur wenig andere Fische in den Dümpeln. Man soll übrigens Beispiele haben, daß manche Menschen diese Fische ohne alle Empfindung berührt haben, wie es denn auch Menschen ohne Empfindung für Elektricität überhaupt geben soll (geben soll, der Verfasser gesteht zu, daß ihm dergleichen noch nicht vorgekommen sind, trotz einer vieljährigen Beschäftigung mit diesem Theile der Physik).

Der Zitterrochen zittert beim Schlage mit seinen Brustflossen, der Zitteraal bleibt ganz unbeweglich, die Wirkung geht bloß von den Nerven aus. Man kann einen verwundeten Aal lange plagen, dann giebt er auf einmal ganz nach seiner Willkühr einen heftigen Schlag; ja er kann denselben mit einem Theil des Leibes geben und mit dem anderen zurückhalten, wenn auch beide zugleich von verschiedenen Personen berührt werden. Humboldt hielt einen oft am Schwanz ohne Erschütterung, sobald aber Bonpland denselben an der Bauchfläche oder an den Kiemendeckeln kitzelte, bekam er einen starken Schlag, Humboldt aber keinen. Hält man zwei Leiter auch nur ½ Zoll von einander an den feuchten Leib, so bekommt bald die eine, bald die andere Person eine Erschütterung. Der Aal hat mithin jeden Theil seines Organs in seiner Gewalt und braucht nicht die in der Fig. 153 angedeutete Biegung einzunehmen, um, wie man sich dies gewöhnlich vorstellt, durch ein heftiges Ausstrecken, Schnellen oder Zusammenbiegen sein elektrisches Organ zu entladen, er kann beliebig jede Stelle des Organs benutzen, ist nicht eine todte Elektrisirmaschine, keine Kleist'sche Flasche, welche ganz entladen wird, sobald man sie mit einem Leiter berührt.

Fig. 153.



Trennt man Hirn und Herz vom Leibe dadurch, daß man den Kopf abschneidet (neben dem in unmittelbarer Nähe das Herz liegt), so hört die elektrische Wirkung auf, also gerade wie bei der Muskelbewegung, während die Schlange und der Flußaal beim geringsten Reize in Krämpfe gerathen. Das ausgeschnittene Herz vom Zitteraal schlug ½ Stunde lang und

Stück Zink gelegt und nun beide Platten mittelst eines Drahtes verbunden. Der Schmerz, der Nervenreiz war so furchtbar, daß der kräftige junge Mann (Humboldt zählte damals 25 oder 26 Jahre) ihn trotz aller Anstrengung nicht länger als 13 Sekunden ertragen konnte und sich mehrere Tage lang angegriffen, ja beinahe erschöpft fühlte.

Nun kann man allerdings von den Empfindungen eines Menschen nicht direkt auf die eines Thieres schließen, im Gegentheil giebt es welche, die uns angenehm, dem Thiere aber höchst unangenehm sind und umgekehrt. Aber wenn man denn doch einen Fisch bei einer Verwundung ruhig bleiben, beim darauf folgenden Elektrisiren aber die wildesten, Angst anzeigenden Bewegungen machen sieht, so hat man wohl Grund zu der Vermuthung, daß ihm dieses Elektrisiren großen Schmerz errege.

Um noch das letzte über Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit zwischen der Kraft der Zitterfische und der Elektricität zu sagen, muß noch berichtet werden, daß der saure oder alkalinische Geschmack, welchen man empfindet, wenn man die Zunge zwischen ein Elektricität erregendes Plattenpaar bringt, nicht im mindesten empfunden wird, wenn man die elektrische Kraft eines Zitterfisches darauf wirken läßt, es entsteht nur ein Beben, nicht ein Schmecken der Zunge.

Es wirken ferner auch die allerstärksten Schläge nicht auf das Elektrometer. Eben so wenig wurde in der Nacht selbst ein Funken wahrgenommen, wie Ingenhouß gesehen zu haben behauptet. Die Versuche aber, welche Humboldt angestellt, dürften genauer sein, als die von Ingenhouß, so ist denn für diese nicht viel Wahrscheinlichkeit. Daß im Uebrigen ein so feines Galvanometer, wie Reymond anwendet, einen Ausschlag gebe, daß sich also dadurch ein elektrischer Strom nachweisen lasse, wie bei jedem Muskel und jedem Nerv auch warmblütiger Thiere, ist nicht weiter fraglich, das versteht sich von selbst. Die neueste Zeit hat allerdings auch dem Zitteraal Funken zu entlocken gewußt, allein nur dadurch, daß man eine Inductionsrolle von vielen tausend Windungen mit darin befindlichen Eisendrähten zur Anwendung brachte, hier war es also die Inductionselektricität, welche man sah; nicht die des Fisches, der nur der Erreger genannt werden kann.

Das elektrische Organ ist bei den beiden eigentlich elektrischen Fischen sehr übereinstimmend gebaut und unterscheidet sich im Grunde nur dadurch, daß die Lage eine verschiedene ist, beim Rochen zwischen Bauch- und Rückenfläche verläuft, beim Aal dagegen die Längenrichtung des Thieres hat. In derselben sind auch die Schichten, welche das Organ bilden, verschieden gestellt, laufen beim Rochen horizontal, beim Aal dagegen vertikal, es ist

demnach das Organ an sich in beiden Fällen gleich, nur die Anordnung ist eine verschiedene.

Wie wir oben bereits gesehen haben, besteht das elektrische Organ des Zitterrochens aus einer großen Menge fünf- und sechsseitiger, auch vierseitiger Zellen, welche an ihren Seitenflächen durch feine Häutchen von einander getrennt sind, in den Winkeln und Ecken aber starke sehnige Membrane, welche die Dienste der Glasstäbe bei der Volta'schen Säule zu vertreten scheinen. Die Zellen selbst sind diese Säulen, denn sie bestehen aus lauter horizontal liegenden Scheibchen von verschiedener Stärke und Textur mit dazwischen befindlichen Flüssigkeiten.

Diese Scheiben scheinen mit den dazwischen liegenden, klebrigen Substanzen dasjenige zu sein, was man in der Physik Elektromotoren, Elektricitätserreger nennt. Ein Plattenpaar aus zwei verschiedenen Metallen mit einem dazwischen liegenden feuchten Leiter, ist ein Elektromotor. Es brauchen aber gar nicht Metalle zu sein, wir sehen, daß die Kohle eines derselben vollkommen vertritt. Direkte Versuche sind von Humboldt, von Ritter und mehreren Andern gemacht, Säulen aufzubauen von andern Substanzen; es ist gelungen, mit abwechselnden Schichten von Fleisch oder Muskelsubstanz und Gehirnsubstanz, man hat bei einer geringen Anzahl dieser ungleichartigen Körper schon deutliche Spuren von Elektricität erhalten; so scheint es hier auch zu sein.

Da es nun aber bei physiologischen Versuchen gar nicht auf die Größe der Scheiben ankommt, Pfennige so viel leisten als Quadratfuß große Platten, da ferner die geringe Spannung zwischen den beiden Platten in einem solchen Prisma des Zitterrochens ausgeglichen wird durch die ungeheure Menge, durch die sehr große Anzahl derselben (der Zitterrochen hat auf jeder Seite 400 bis 500 solcher Säulen, ja Hunter hat bei einem sehr großen Thiere von 4½ Fuß Länge gar 1184 Stück gefunden), so ist es mehr als blos wahrscheinlich, daß der elektrische Apparat der Zitterfische nichts anderes sei als eine Volta'sche Säule von außerordentlich kleinen Dimensionen, aber von großer Anzahl der Platten.

So wie man nun bei dem Aufbauen einer Volta'schen Säule entweder dieselbe in stehender oder liegender Form bauen kann, so ist es beim Rochen und beim Gymnotus geschehen, das Organ des erstern besteht aus stehenden Säulen, das des Zitteraales aus liegenden, so wie man ferner die Säulen aus mehr oder minder zahlreichen Elementen zu bauen vermag, so hat auch die Natur diese Verschiedenheit bei diesen Fischen angebracht, bei dem Rochen ist die Dimension (vom Bauch zu dem Rücken), in welcher die Platten liegen, eine sehr kurze, daher die Anzahl der Säulen wohl groß,

die Zahl der Platten aber verhältnißmäßig sehr gering ist. Bei dem Gymnotus aber liegen die Säulen mit dem Rückgrat parallel, und nehmen also mehr als 4/5 der ganzen Länge des Thieres ein, ihre Plattenzahl muß ungeheuer groß, die Annahme von 20,000 durchaus nicht übertrieben sein. Ist nun die Spannung jedes Plattenpaares unter einander auch eine äußerst geringe, so wird die Spannung der Säule doch durch ihre Länge so außerordentlich vermehrt, daß jene entsetzlichen elektrischen Erschütterungen, welche große Thiere tödten können, die Folge davon sind.

Die beiden noch als elektrisch genannten Fische sind der Silurus electricus und der Tetrodon. Der erstere in den großen Strömen des mittleren Afrika zu Hause, der andere im indischen Ocean. Die Eigenschaften beider sind noch zweifelhaft; der Zitterwels (Silurus electr.) wird nur 20 Zoll lang, soll heftige Schläge ertheilen können, doch hat man das elektrische Organ bei ihm noch nicht entdeckt. Die philos. Transact. Bd. 76, Nr. 29. theilen mit, daß der englische Schiffslieutenant Paterson auf seiner Reise nach Ostindien, da er sich bei der Insel St. Juan (einer von den Comoren, zwischen der Küste von Zanguebar und Madagascar) aufhielt, einen elektrischen Fisch entdeckt habe.

In einem vom Seewasser ausgehöhlten Felsen, wo die Wärme des Seewassers zwischen 50 bis 60 Grad Fahrenheit*) betrug, fing Paterson zwei solche Fische in einem Netz, über deren Eigenschaften er eine sehr schmerzhafte Aufklärung erhielt: als er sie anfassen wollte, bekam er dabei einen so gewaltigen Schlag, daß er sie schnell wieder in das Netz fallen ließ. Der Fisch war 7 Zoll lang (1/4 Elle) und 2 1/2 Zoll breit; der Kopf war ungewöhnlich lang, der Leib mit Stacheln besetzt, das Thier zum Tetrodon-Geschlechte gehörig. Als der Engländer die Fische über Land bis zu seinem Zelte getragen, um sie dort zu anatomiren, war der eine todt, der andere so matt, daß er keine elektrischen Erschütterungen mehr gab.

Ein fünfter elektrischer Fisch, Trichiurus indicus oder Anguilla indica, welcher in dem indischen Meere leben soll, ist gleichfalls sehr zweifelhaft, gewiß ist die Entwickelung von Elektricität, die sich durch einen Schlag oder ein mehr oder minder heftiges Zittern äußert, nur bei den erstgenannten und beschriebenen.

---

*) Um Madagascar kann das Meer nicht eine so niedere Temperatur haben. 60 Grad F. entsprechen 12 1/2 Grad R., 50 Grad aber nur 8 Grad. Madagascar liegt aber zwischen dem Aequator und dem südlichen Wendekreis, mithin in einer Zone, in welcher dergleichen Temperaturen nicht vorkommen.

Der Elektromagnetismus.

[illegible]

[illegible] (Silurus electr.) [illegible] gemacht habe.

[illegible] mehr gab.

[illegible] Fisch, Trichiurus indicus oder Anguilla indica, welcher in dem indischen Meere leben soll, [illegible]

*) [illegible]

Elektromagnetismus.

Seitdem es Physiker in dem neueren Sinne des Wortes giebt, seitdem es Forscher giebt, welche durch Versuche auf die Natur der Dinge zurückgehen wollen, welche nicht zufrieden sind mit dem Philosophiren, Speculiren und Argumentiren, sondern den Erscheinungen auf den Grund zu kommen suchen, seit die scholastische Philosophie und die peripathetische Physik der Experimentalphysik das Feld geräumt hat, ahnte man und suchte man einen Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus.

Das gänzliche Isolirtsein des Magnetismus machte ihn zu etwas Abstoßendem. Das einzige, was ihn mit der Welt der Erscheinungen, was ihn mit der Erde verband, war die Richtung der Magnetnadel von Norden nach Süden, sonst stand er so vereinzelt da, daß man das Capitel von dem Magnetismus aus den Lehrbüchern der Physik entfernen durfte, es würde Niemand um des gestörten Zusammenhanges willen die Lücke bemerkt haben.

Es ergaben sich im Laufe der letzten hundert Jahre einige Andeutungen vom Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus, deren wir bereits erwähnt haben, sie und sonst nichts wurde den Physikern bekannt, und es wurde ein Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus geahnt, doch nicht gefunden!

Als am Ende des vorigen Jahrhunderts Galvani's Gattin die ewig denkwürdige Entdeckung machte, welche von ihrem Gatten den Namen hat, als sie durch Volta wissenschaftlich begründet, und das physikalische Kabinet durch die Volta'sche Säule um eines seiner mächtigsten Werkzeuge vermehrt worden war und sich in demselben ein dauernd elektrischer Apparat mit zwei Polen und einem Indifferenzpunkte zeigte, welcher an jedem beliebigen Orte durchschnitten werden kann, wobei jeder Theil doch wieder ein Ganzes mit zwei Polen und einem Indifferenzpunkte ist und noch manche

andere Aehnlichkeit sich zeigte zwischen der Volta'schen Säule und einem Magnetstabe, da glaubte man hier die Verbindungsstelle gefunden zu haben zwischen den beiden geheimnißvollen Kräften, und suchte und suchte immerfort an großen und kleinen, an starken und schwachen Volta'schen Säulen, wollte durchaus finden, daß sie magnetische Kräfte äußerten, daß sie die Magnetnadel ablenkten, daß sie, schwebend aufgehängt, sich in den magnetischen Meridian richteten; allein es geschah von allem Diesen nichts, und man gab beinahe die Hoffnung auf, das gewünschte Ziel zu erreichen, obgleich der phantasiereiche Ritter die Identität des Magnetismus und der Elektricität bis an sein Lebensende behauptete und Yelin in München noch im Jahre 1818 eine öffentliche Vorlesung hielt: Ueber Magnetismus und Elektricität als identische und Urkräfte (soll wohl heißen: als identisch und eine Urkraft).

Die Versuche, welche van Marum mit seinen großen Batterien machte, durch welche er Stahl magnetisirte und den Magnetismus aufhob, waren noch nichts Entscheidendes, weil man sie nicht erkannte und van Marum die Erfolge selbst den heftigen Erschütterungen des Stahles durch den elektrischen Schlag und keineswegs der Elektricität als solcher, zuschrieb.

So reducirte sich die Lehre vom Magnetismus auf sein Verhältniß zur Erde, welches auch noch ganz dunkel war, und auf die Kunst starke Hufeisenmagnete zu machen; vorläufig noch eine Spielerei und sonst nichts.

Da zündete der Zufall plötzlich ein kleines Lämpchen an, dessen Schimmer lange nicht gesehen wurde, bis es nach einem halben Jahre einmal geputzt, schon heller leuchtete und dann abermals nach einem halben Jahre plötzlich zur Fackel, zur Sonne wurde, die den ganzen bisher dunklen Raum auf das Hellste erleuchtete.

Im Winter von 1819 auf 1820 hielt Professor Oersted in Kiel Vorlesungen. Bei der Lehre vom Galvanismus machte er Versuche mit einer starken Trogbatterie, d. h. einer Volta'schen Säule von ziemlich großen Platten, welche jedoch nicht durch nasse Pappe oder Filz, sondern dadurch elektrisch thätig gemacht werden, daß sie in geeigneten Gefäßen in Form eines viereckigen Troges stehen und die verdünnte Säure sie frei umspült.

Oersted wollte seinen Zuhörern zeigen, wie ein Platindraht durch den Strom glühend wird. Er war kein sehr geschickter Experimentator und er war auch etwas unvorsichtig und gleichgültig gegen seine Apparate; wäre er dies nicht gewesen, so wäre die Entdeckung nicht gemacht worden, alsdann nämlich würde er schwerlich eine Magnetnadel auf einem von Säuren benetzten Tische, nahe bei einer Volta'schen Batterie stehen gehabt haben;

dies war aber zufällig so, und als er nun die beiden Pole der Batterie schließend, mit dem Drahte verband, wobei der Draht allerlei Richtungen annahm, schwankte, da machte die in der Nähe stehende Magnetnadel gleichfalls allerlei unregelmäßige Schwankungen.

Oersted war ein Anhänger der Lehre von der Identität der magnetischen und elektrischen Kraft, er hatte daher seinen Zuhörern jedesmal, wenn er an die Volta'sche Säule kam, darzuthun gesucht, daß ihre Pole die Pole einer Magnetnadel anzögen oder abstießen. Dies war ihm freilich niemals gelungen, allein in jener Zeit lag die Kunst des Experimentirens noch so im Argen, daß ein mißlungener Versuch kein Gegenbeweis gegen die Annahme oder Angabe war, sondern daß er für gelungen gehalten wurde und der Experimentator sich höchstens mit zu großer Hitze oder Kälte, mit zu viel Regen oder zu großer Trockenheit der Atmosphäre entschuldigte.

Als bei dem gegenwärtigen Versuch die Magnetnadel in unregelmäßige Schwankungen kam, wurde dies zwar von einem der Zuhörer bemerkt, doch das unendlich Große und Wichtige der Entdeckung weder von Oersted noch von seinen Zuhörern empfunden, das Ganze auch wohl als ein Spiel des Zufalls betrachtet, da die Erscheinung gar nicht mit dem übereinstimmte, was man suchte, das war nämlich einfache Abstoßung oder Anziehung eines Poles, eines Magnets. Oersted scheint ferner den Versuch kaum wiederholt, gewiß nicht abgeändert zu haben, denn als er nach einem halben Jahre der Gelehrtenwelt in einer lateinischen Dissertation Nachricht von dieser Entdeckung gab, beschrieb er alles noch sehr verworren und verwickelt, stellte die Grundbedingungen und ursprünglichen Erscheinungen nicht klar und übersichtlich dar und forderte zum Gelingen des Versuches eine Trogbatterie, welche einen langen Platindraht zum Glühen bringe, denn das Glühen war ihm bei diesem Experiment etwas Wesentliches.

Als andere Gelehrte diesen Schlüssel zu den bisher unlösbaren Räthseln in der Physik brauchten und er (Oersted) nun auch das Große der zufälligen Entdeckung begriff, die seinen Namen unsterblich machen wird, da suchte er zwar glauben zu machen, daß die zufällige Entdeckung eine wohl vorbereitete Erfindung gewesen, allein das glaubte ihm jetzt doch Niemand mehr und man bezweifelte seine Angabe mit um so größerem Rechte, als die schwerfälligen Bedingungen sich sehr bald als völlig ungerechtfertigt herausstellten und bewiesen, wie wenig er sich mit dem Gegenstande beschäftigt hatte, sonst müßte er in der ersten halben Stunde gefunden haben, daß neun und acht Plattenpaare auf die Magnetnadel eben so stark wirkten, als 15 und 20, er hätte finden müssen, daß 4 Plattenpaare noch besser wirkten und daß ein einziges am allerbesten sei.

Es gelang dieses den aufmerksamen deutschen Gelehrten Tobias Mayer, Boekmann, Erman u. A. m. auch sogleich, nachdem sie sahen, wie z. B. eine Säule von 200 Plattenpaaren, die einen Platindraht sehr lebhaft in's Glühen brachte, doch gar wenig Wirkung auf die Magnetnadel äußerte, auch beim Auseinandernehmen die Wirkung sich nicht verringerte, ja bei dem weiteren Herabgehen sich mit der verminderten Anzahl der Platten vermehrte und bei zweien am stärksten war.

So gestaltete sich die wichtige Entdeckung zu etwas höchst Einfachem, dergestalt, daß jeder, der sich im Besitz einer Magnetnadel für 5 Silbergroschen befand, mittelst des ersten besten Stückchens Kupfer und Zink den Versuch machen konnte. Dieses gerade war etwas höchst Wünschenswerthes, denn unzählige Leute, welche sonst wenig von der Physik verstanden, beschäftigten sich jetzt mit dem leicht anzustellenden Experiment, und weil sie mit unbefangenem Auge sahen, so sahen sie richtiger und sahen mehr als einer, der in einer bestimmten Ansicht befangen ist.

Bei diesen Experimenten schlug man endlich den einzig richtigen Weg ein, man frug nicht nach einem vorgeschriebenen Schema, verhält sich die Sache so oder verhält sie sich so? — sondern man frug „wie verhält sich die Sache?“ und da sah und erfuhr man das Richtige, den wahren Sachverhalt, daß nämlich der Leitungsdraht, welcher die Pole eines Volta'schen Elements oder einer Säule verbindet, magnetisch wird, und zwar nicht, wie man glaubte, daß die Säule sein müßte, an einem Ende nördlich und am anderen Ende südlich magnetisch, sondern daß er über seine ganze Länge transversal magnetisch sei, solchergestalt, daß eine Magnetnadel unter einem solchen oder über einem solchen Verbindungsdrahte stehend, sich quer über stellt, sobald der elektrische Strom den Leiter durchläuft!

Das Experiment selbst ist auf S. 428 bereits ausführlich beschrieben, daher können wir dorthin zurückweisen, und wir knüpfen nur an jene Stelle, die als von hier vorweggenommen zu betrachten ist, wieder an.

Der elektrische Strom wird angesehen als von negativem Metalle, (Kupfer, Silber, Platin) durch den Draht- oder Kupferstreifen zum positiven Pole gehend, er gleicht sich dann dadurch aus, daß er in dem feuchten Leiter von dem Zink zum Kupfer (von dem positiven zum negativen Metall) geht.

Es finden sich aber viele Lehrbücher und viele Abhandlungen über einzelne Experimente, in denen gesagt ist, der Strom gehe innerhalb des Drahtes vom Zink zum Kupfer und lenke dabei die Nadel nach links ab (in dem Sinne, in welchem S. 428 u. f. darüber gesprochen worden), dieses

setzt also gerade das Entgegengesetzte von dem, was gewöhnlich angenommen wird, fest; allein es liegt der ganze Unterschied in dem Zusammenstellen der Platten.

Volta sagt: nicht Kupfer, feuchter Leiter und Zink bilden ein Plattenpaar oder ein Element der Säule, sondern Kupfer und Zink auf einander liegend und der feuchte Leiter hinterher.

Nun wird aber Niemand eine elektromagnetische Wirkung erhalten, wenn er ein Plattenpaar so construirt, er ist dann genöthigt, zwei Plattenpaare zu nehmen, und dann liegen dieselben so:

←
Kupfer.
Zink.
Feuchter Leiter. ↑
Kupfer.
Zink.
→

vorausgesetzt, daß wir die Anordnung nach Volta's Angabe vervollständigt hätten, welche in der Zeichnung auf S. 385 erläutert worden ist.

Auf dieser Zeichnung liegt das Kupfer *a* unten und Zink oben und der Strom geht vom Kupfer zum Zink. Bei der Vervollständigung (der überflüssigen) liegt nunmehr Zink unten und Kupfer oben, da aber der elektrische Strom ganz denselben Weg geht wie vorher, wird man nun ganz folgerecht sagen müssen: der Strom gehe vom Zink zum Kupfer, denn so scheint es thatsächlich vorzuliegen. Da aber in dem Falle, daß über und unter dem feuchten Leiter eine Platte liegt, wie in dem anderen Falle, daß über und unter demselben ein Plattenpaar liegt, die Wirkung ganz gleich ist, so sieht man, daß die Vermehrung um zwei Platten eine erfolglose, also eine unnöthige ist, und daß sie nur zu einer Sprachverwirrung führt, die um so störender ist, als sie auf Unrichtigkeiten beruht.

Der elektrische Strom geht nämlich in dem metallischen Leiter (wir wollen annehmen, die Anordnung mit den beiden Plattenpaaren sei die richtige) vom Zink zum Kupfer, in der Flüssigkeit vollendet er den Kreislauf, da geht er aber, statt vom Kupfer zum Zink zu gehen, ja auch vom Zink zum Kupfer, wie die einfache Anschauung des Schema's ergiebt. Dies ist jedenfalls fehlerhaft, also kann das Arrangement mit zwei Plattenpaaren unmöglich richtig sein.

Man ist übrigens auch schon seit längerer Zeit hiervon abgegangen, und hat der Verfasser dieses Buches das eben Gesagte nur angeführt, um möglichen, aus andern Büchern geschöpften Irrthümern zu begegnen.

Es geht also bei Kupfer, feuchtem Leiter und Zink, und einem Draht, der Kupfer und Zink verbindet, der Strom vom Kupfer im Drahte zum Zink, und gleicht sich aus im feuchten Leiter, wo der Strom also vom Zink zum Kupfer geht.

Bei einer Batterie ist es ganz eben so, wenn man sie in demselben Sinne fortbaut: K. F. Z. K. F. Z. Von K. geht der Strom nach Z., es mögen dies zehn oder zwei Plattenpaare sein, und in der Säule, in der ganzen Batterie geht der elektrische Strom zurück, also vom letzten Z. durch die übrigen Glieder bis zum ersten K.

Der elektrische Strom findet in dem Drahte einen gewissen Widerstand, einen noch viel größeren in dem feuchten Leiter, um beides möglichst zu beseitigen, macht man den metallischen Leiter so kurz und den feuchten Leiter so groß wie möglich, denn nach dem S. 449 bereits Angeführten ist die Leitungsfähigkeit der Substanzen ihrer Durchschnittsfläche proportional, ein Leiter von 2 Quadratzoll Fläche leitet zweimal so gut als einer, dessen Querschnitt nur 1 Quadratzoll beträgt, leitet nun ein Röhrchen, mit Schwefelsäure gefüllt, 400 Mal schlechter als ein Kupferdraht von demselben Durchmesser, wie das Innere der Röhre, worin sich die Schwefelsäure befindet, so darf ich den Durchmesser der Röhre nur 20 Mal stärker nehmen, (20 mal 20 ist 400) als sie zuerst war, um dieselbe Leitungsfähigkeit bei der Schwefelsäure wie bei dem Kupfer zu haben.

Damit sich also die Elektricität durch den feuchten Leiter so schnell ausgleichen könne, als sie in dem Drahte strömt, macht man die Platten von Kupfer und Zink groß und die Scheibe von Filz, worin sich die Flüssigkeit befindet, eben so groß und erhält auf diese Weise sehr wirksame Apparate.

Kann man den Draht nicht kurz nehmen, darf man seinen Leitungswiderstand nicht vermindern, wie bei Telegraphen, wo die Leitungsdrähte viele Meilen Länge haben, so muß man diesen Leitungswiderstand durch die Spannung der elektrischen Batterie überwinden. Dazu wendet man 5, 20, 50 Plattenpaare an, je nachdem der Draht lang ist.

Um den möglichen Verwechselungen bei der Ablenkungsbestimmung zu begegnen, wollen wir noch einmal sagen, daß man sich in dem Drahte einen Strom denken muß, der vom Kupfer zum Zink läuft, daß man sich selbst als in diesem Strome in der Richtung desselben schwimmend betrachte, und daß man sich vorstelle, die Nadel befinde sich außerhalb des Stromes, wie sie ja auch außerhalb des Drahtes steht.

Wo die Nadel auch stehe, muß der Draht, der auf sie wirken soll, parallel mit ihrer natürlichen Richtung sein. Alsdann wird die Ablenkung des Nordpols unter allen Umständen dem in dem Strome schwimmenden

und nach der Magnetnadel sehenden (also wenn sie über dem Drahte steht, hinauf-, wenn sie unter demselben steht, hinabsehend) Menschen nach links gerichtet sein. Für denjenigen, der sich dahinein nicht denken kann, läßt sich gar keine Beschreibung geben, denn steht er bei dem Plattenpaare und sieht er von Süden nach Norden, so erscheint ihm die Ablenkung rechts und steht er am Ende des Leitungsdrahtes, dem Plattenpaare gegenüber und sieht er dabei nach Süden, so scheint ihm die Ablenkung links — und Alles dies wieder umgekehrt, wenn der Draht nicht nördlich, sondern von dem die Elektricität erregenden Plattenpaare aus südlich geht. Dahingegen wird Alles ganz einfach durch obiges Auskunftsmittel, und am Ende ist es nicht gar zu schwer, sich vorzustellen, man schwimme auf dem Rücken oder auf einer Seite und habe immer die Magnetnadel gerade vor sich.

Kupfer und Zink allein, ohne feuchten Leiter, geben, wenn sie in Berührung mit einander sind, elektrische Spannung, aber keinen elektrischen Strom; das erstere giebt das Elektroskop zu erkennen, das andere die Magnetnadel. Denken wir uns die auf S. 428 angegebene Figur und stellen wir auf die Spitzen leicht bewegliche Magnetnadeln, so wird doch keine Spur von Magnetismus sich zeigen, obwohl elektrische Spannung da ist. Neigt man nun die Zinkplatte *c* herab, so daß der Zwischenraum zwischen ihr und *a* verschwindet und sie die Kupferplatte *a* berührt, so könnte möglicher Weise eine Ausgleichung der Spannung stattfinden, allein es wird kein Strom entstehen; ist dagegen der Zwischenraum durch Wasser oder einen anderen noch besseren nassen Leiter erfüllt, eine verdünnte oder concentrirte Säure, so entsteht eine Ausgleichung und sofort im Drahte eine Strömung, welche den Draht querüber (d. h. nach allen Richtungen querüber, also auch hinauf- und hinabwärts) magnetisch macht.

Aus dieser Nothwendigkeit, einen feuchten Zwischenleiter zu haben, ergiebt sich folgerecht, daß mithin eine trockne Zusammenstellung von Metallen und schlechten Leitern nicht auf die Magnetnadel wirken wird und so ist es auch. Die Zamboni'schen Säulen (s. S. 420), solche die aus Gold- und Silberpapier bestehen und deren man von 4000 Plattenpaaren hat, zeigen keine Spur von Wirkung auf die Magnetnadel, geben also keinen elektrischen Strom, weil, wenn auch eine Spannung da ist, die sich deutlich am Elektrometer zeigen läßt, doch die Ausgleichung durch den nicht hinlänglich feuchten Leiter zu langsam vor sich geht, um einen Strom zu bilden.

Hieraus ergiebt sich ferner, daß, wenn einmal ein feuchter Leiter nöthig ist, man wohl thut, denjenigen zu wählen, der am besten leitet, d. h. nicht Weingeist oder Wasser, sondern verdünnte, ja wohl gar concentrirte Säuren, wie es jetzt fast allgemein geschieht. Wer bedeutende Erfolge erzielen will,

nimmt ein oder zwei Elemente von Zink und Platin, oder von Zink und Eisen und setzt sie durch verdünnte Schwefelsäure und concentrirte Salpetersäure in Thätigkeit.

Die Fundamental-Experimente, welche man zunächst mit einem Plattenpaare zu machen hat, sind folgende:

Geht der Strom von Süden nach Norden über eine Magnetnadel hinweg, so wird ihr Nordpol westlich abgelenkt, stellt man dagegen die Nadel so, daß der Strom unter der Nadel läuft, so geht der Nordpol östlich.

Macht man dasselbe Experiment an der Seite einer Nadel, so steigt, wenn der Draht auf der Ostseite der Nadel geht, der Nordpol in die Höhe, leitet man dagegen denselben Strom westlich von der Nadel parallel mit ihr vorbei, so wird der Nordpol sich niedersenken, und wenn die Nadel nicht hoch steht, auf den Tisch schlagen.

Hat der Strom aber die Richtung von Norden nach Süden, so sind alle die gedachten Erscheinungen umgekehrt, d. h. ein Strom über eine Magnetnadel hinweggehend, lenkt ihren Nordpol östlich ab u. s. w.

Führt man den Strom von Osten nach Westen, d. h. so, daß der galvanische Apparat östlich steht und der leitende Draht vom unten liegenden Kupfer aus westlich geht und dann in einer beliebigen Krümmung und Entfernung zurückkehrt, um sich oben an das Zink zu schließen (doch immer so, daß seine Wirkung die des anderen Drahtendes, an welchem man die Versuche macht, nicht stört), so stellt sich die unter demselben stehende Nadel verkehrt, mit dem Norpol nach Süden. Steht die Nadel über dem Drahte, so bleibt sie in ihrer natürlichen Lage unverändert stehen. Eben so wie oben bei der Richtung von Nord nach Süd, tritt auch hier das Verkehrte ein, wenn die Stromrichtung von West nach Ost geht.

Alle diese Erscheinungen lassen sich durch einen Transversalmagnet nachahmen. Freilich ist dieser Quermagnetismus durch den elektrischen Strom sowohl rechts und links gehend, als auf und ab, was wieder nicht nachgeahmt werden kann; der Transversalmagnet soll aber auch nicht dienen, um die Erscheinung zu erklären, sondern nur, sie anschaulich, faßlich zu beschreiben.

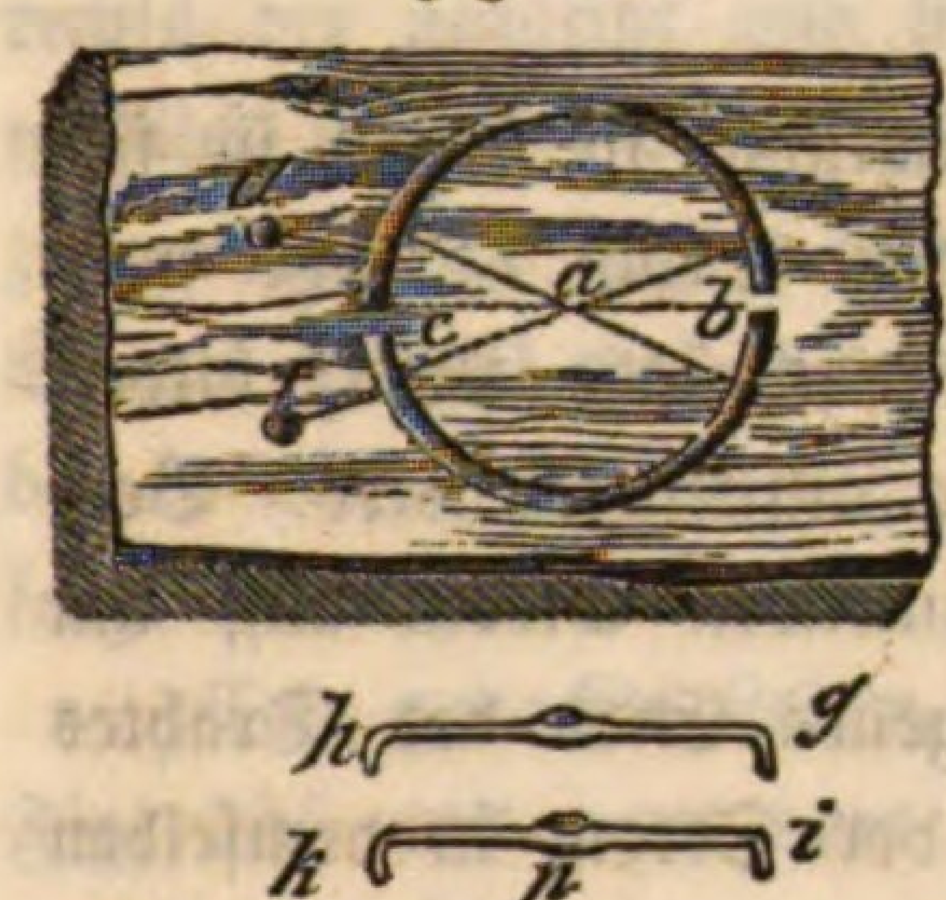
Die Ablenkung, welche die Magnetnadel erfährt, richtet sich nach der Kraft der Magnetnadel und nach der Stärke des erregten elektrischen Stromes. Eine sehr schwache und leichte Nadel wird schon durch einen Pfennig und ein entsprechendes Stückchen Zink zur Ablenkung von 45 Grad gebracht, während eine Schiffscompasnadel dadurch kaum aus ihrer Ruhe gebracht wird, aber 1 Quadratfuß Zink und eben so viel Kupfer lenken einen Stahl-

stab von 1 Fuß Länge und angemessener Dicke, wenn derselbe an einem seidenen Faden hängt, um 90 Grad ab.

Bisher haben wir die Wirkungen des elektrischen Stromes auf den Magnet betrachtet; ganz ähnliche Wirkungen zeigen aber auch zwei elektrische Ströme auf einander. Wenn die Leiter, in denen sie fließen, beweglich sind, so läßt sich dieses leicht anschaulich machen. Die Apparate, welche Ampère, ein berühmter französischer Gelehrter, erdacht hat, um diese Anziehung und Abstoßung zu zeigen, sind sehr verwickelt und zusammengesetzt und lassen sich daher sowohl schwer beschreiben als schwer machen; man ist in neuerer Zeit dahin gekommen, dieses mit großer Leichtigkeit auf eine viel einfachere Weise zu bewerkstelligen.

In ein Brettchen von 3 Zoll Breite lasse man eine kreisförmige Rinne, möglichst groß eindrehen, wie die nebenstehende Figur zeigt. Bei *c* und bei *b* theile man diese Rinne durch eingeklemmte Holz- oder Hornscheibchen in zwei Halbkreise. In dem Brette befestigt man bei *f* und *d* kleine metallene Cylinder, welche oben durchbohrt und mit kleinen Schrauben versehen, seitlich gleichfalls durchbohrt sind, so daß man einen Draht in die Seitenöffnung schieben und durch die Schraube *d* oder *f* von oben herab festklemmen kann. Diese kleinen Schraubzwingen sind durch Metallstreifen, welche von *d* nach dem einen, von *f* nach dem andern Halbkreise gehen, mit diesen Halbkreisen leitend verbunden und wenn man die beiden Rinnen mit Quecksilber füllt, so ist die eine derselben mit *d* als ein Leiter, die zweite mit *f* als der andre Leiter zu betrachten. Schraubt man mit *d* etwa die Zink- und mit *f* die Kupferplatte eines großen Paares zusammen, das durch gesäuertes Wasser getrennt ist, so sind die Rinnen nichts weiter als die Pole des Plattenpaares.

Fig. 154.



Man biege ein Stück Kupferdraht von 3 Zoll Länge an den Enden so um, wie *gh* auf derselben Figur zeigt und lege dasselbe mit *g* bei *b* in die Rinne, mit *h* bei *d*, so wie die punktirte Linie zeigt, wodurch dasselbe mit *g* in der einen, mit *h* in der andern Zuleitung befindlich ist, also der elektrische Strom von *f* (Kupfer) kommend, durch den Halbkreis *fb* laufend, bei *b* in den Draht *gh* tritt und bei *c* in den andern Halbkreis übergeht, um durch *d* zur Zinkplatte zu gelangen.

In dem Centrum des Kreises bei *a* befindet sich ein spitz geschliffener Stift von $\frac{1}{3}$ Zoll Höhe. *ik* ist ein eben so wie *gh* gebogener Draht, welcher jedoch etwas längere Schenkel *i* und *k* hat, bei *p* durchbohrt und

mit einem Hütchen versehen ist, wie es die Magnetnadeln haben (wo möglich mit einem Achathütchen), diesen zweiten Drahtstreifen setzt man mit dem Hütchen auf die Spitze des Stiftes und lehnt es mit den beiden herabgehenden Schenkeln an die des Drahtes *gh*. Läßt man nunmehr einen elektrischen Strom vom Kupfer ausgehend bei *f* eintreten, so durchläuft er das Quecksilber, tritt dann in die beiden Drähte ein, durchströmt sie gleichzeitig und in gleicher Richtung und geht bei *d* zum Zink. Die beiden Drähte werden in dieser Stellung in Ruhe bleiben, erhält aber der Draht *ik* die in der Zeichnung mit dem zweiten punktirten Strich angegebene Lage, so wird er sofort von dem Drahte *gh* abgestoßen werden.

Parallel und gleichlaufende Ströme ziehen sich an, denn es ist als ob zwei Transversalmagnete neben einander lägen, beide mit dem Nordpol nach Norden gerichtet; da sie neben einander liegen, so ist mithin die Nordhälfte des einen gegen die Südhälfte des andern gekehrt, und sie ziehen sich, wenn sie beweglich sind, an.

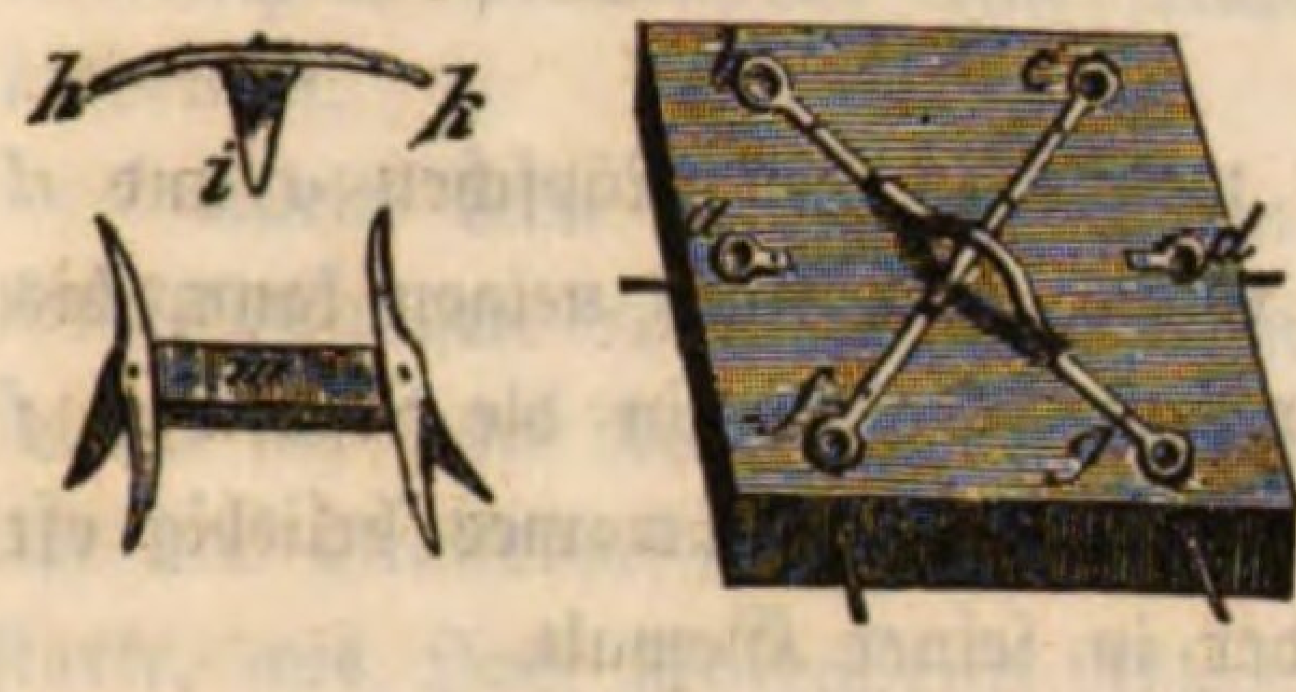
Laufen die Ströme aber in entgegengesetzter Richtung, so stoßen sie sich ab. Den Draht *gh* lasse man in seiner Lage, den Draht *ik* setze man aber so, daß die Richtung der beiden Drähte ein schräges Kreuz bildet. Man sieht wohl, daß er jetzt eine andere Strömung aufnehmen wird. Vorhin nahm das bei *b* liegende Ende den von *f* kommenden Strom auf, um ihn nach *d* zu führen, jetzt nimmt das bei *c* liegende Ende des Drahtes diesen Strom auf. In diesem Theile also läuft der Strom in demselben Sinne von *b* nach *c*, in dem anderen *gh* zunächst liegenden Strom ist keine Verwandtschaft für den Strom in der Richtung *bc*, er geht entgegengesetzt; die Folge davon wird Abstoßung der beweglichen Nadel sein.

Legt man zwei Transversalmagnete neben einander, aber so, daß der Nordpol des einen nach Norden, der Nordpol des andern aber nach Süden gerichtet ist, so sind die neben einander liegenden Seiten nicht die freundschaftlichen ungleichnamigen, sondern es sind gleichnamige, es sind die beiden südlichen und diese stoßen sich ab; eben so ist es mit diesen Strömen.

Gehen die beiden Ströme in paralleler, aber entgegengesetzter Richtung neben einander, wie die hier eingedruckten Striche + ——————| zeigen, so heben sie ihre Wirkung gegenseitig auf. Wenn diese Ströme im Drahte laufen, die unter oder über (beide) einer Nadel hinweggehen, so wird die Magnetnadel in ihrer Stellung durchaus nicht beunruhigt, was auch nicht geschieht, wenn man die Ströme plötzlich umkehrt.

Dieses Umkehren des Stromes leicht zu bewerkstelligen, ist von Wichtigkeit und es giebt dafür eine große Menge sinnreicher Vorrichtungen, die einfachste aber ist der von **Pohl** erdachte Gyrotrop. Auf ein viereckiges,

Fig. 155.



einige Zoll breites Brett zeichnet man ein Kreuz *fcbg* und höhlt dasselbe mit einem Meißel so weit aus, daß ein Kupferstreifen *fc* in zwei halbkugelförmige Näpfchen endend, darin liegen könne, indeß ein zweiter *bg* ebenfalls in seiner Rinne, doch nicht ganz so tief liegt, dergestalt, daß die beiden sich kreuzenden Streifen sich in dem Kreuzungspunkte nicht berühren, was sehr wesentlich ist.

Bei *f* und *g* ist an die Kupfernäpfchen ein Draht angelöthet, welcher aus dem Holze hervorsieht und dazu dient, um diese Kupferstreifen mit den Polen eines galvanischen Apparats zu verbinden. Die Kreuzung dieser Streifen hat zur Folge, daß, wenn bei *g* (also rechts von dem Betrachtenden) der positive Pol und links der negative ist, auf der anderen Seite rechts der negative und links der positive Pol erscheint. Es wird dadurch möglich werden, die Polarität in einem beliebigen Leiter umzukehren, d. h. zu veranlassen, daß in dem Leiter *a*——————————*b* der elektrische Strom einmal bei *a* mit der Richtung von *a* nach *b* und ein andermal bei *b* mit der Richtung von *b* nach *a* eintritt. Dies bewerkstelligt man folgendermaßen:

Der gedachte Leiter, z. B. ein Telegraphendraht, ist bei *a* und *d* der Fig. 155 mit dem dort in das Holz eingelassenen Näpfchen, durch die daran angelötheten und aus dem Holze hinausragenden Drähte, durch kleine Schraubzwingen verbunden.

An einem hölzernen Cylinder, so lang als die Strecke zwischen dem Näpfchen *a* und dem Näpfchen *d*, sind außerhalb an den kreisförmigen Flächen zwei Kupferstücke, von der in der Zeichnung *hik* angegebenen Form, festgeschraubt. Der mittelste der drei Streifen kommt auf jeder Seite in eins der Näpfchen *a* oder *d* zu stehen. Neigt man dieses sechsfüßige Instrument (welches Pohl die Spinne nennt) nach vorn, so treffen zwei andere Spitzen in die Näpfchen *f* und *g*; es geht mithin der elektrische Strom von *g* sogleich nach *d* und von da durch die Schraubzwingen in den Telegraphendraht, dessen anderes Ende bis *a* reicht, von wo durch das zweite Kupferstück, welches am Holzcylinder sitzt, die Verbindung mit dem anderen Pol der Batterie eingeleitet wird.

Neigt man die Spinne nach hinten, so sieht man augenblicklich, daß dadurch der Strom in dem Drahte umgekehrt ist, denn es tauchen nunmehr die anderen Streifchen Kupfer bei *c* und *b* so in die Näpfchen *c* und *b*,

daß nach *d*, wohin bei dem ersten Versuch die + E von *g* ausging, nunmehr die — E von *f* gelangt.

Da man sehr schnell die Spinne, welche in den Näpfchen *a* und *d* auf ihren beiden Mittelfüßen steht, bald rechts, bald links neigen kann, bis zur Einsenkung eines zweiten Paares der sechs Spitzen in die Näpfchen *f* und *g* oder *b* und *c*, so hat man die Umkehrung des Stromes beliebig oft und in großer Schnelligkeit hinter einander in seiner Gewalt.

Um die metallische Verbindung möglichst innig und sicher zu machen, füllt man alle sechs Näpfchen halb voll Quecksilber.

Für die Telegraphen nach dem englischen System sind die Gyrotropen ganz unerläßlich, doch werden sie bei demselben durch auf einen Holzcylinder geschraubte Kupferstreifen dargestellt, also in einer anderen Form als die unseren.

Die Wirkung eines elektrischen Stromes läßt sich dadurch verstärken, daß man ihn noch einmal und noch einmal zur Wirkung bringt, d. h. daß man den Draht, in welchem er (z. B. über eine Magnetnadel hinweg) läuft, einen Kreis beschreiben und da, wo die Wirkung hervorgebracht werden soll (also über der Magnetnadel) noch ein- oder noch einige Male in derselben Richtung wieder erscheinen läßt. Wollte man ihn hin und her führen, so würden sich die entgegengesetzt laufenden Strömungen aufheben, es muß also ein Kreislauf eingeleitet werden, wie Fig. 156 zeigt, wo alle über *a* liegende Drahtwindungen den Strom in derselben Richtung führen, so wie das Nämliche geschieht mit den unter *a* und *b* liegenden Windungen.

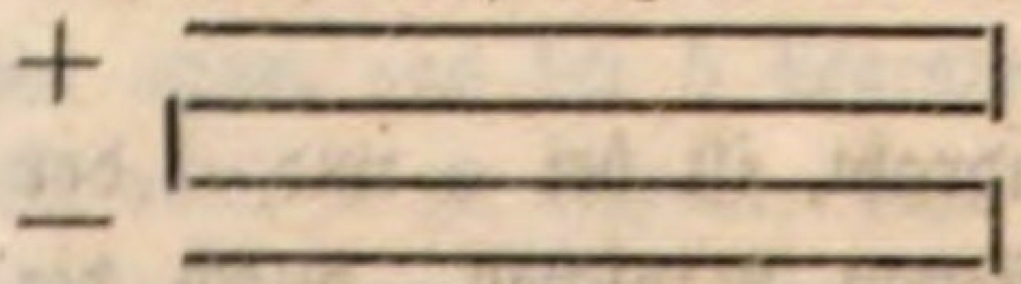
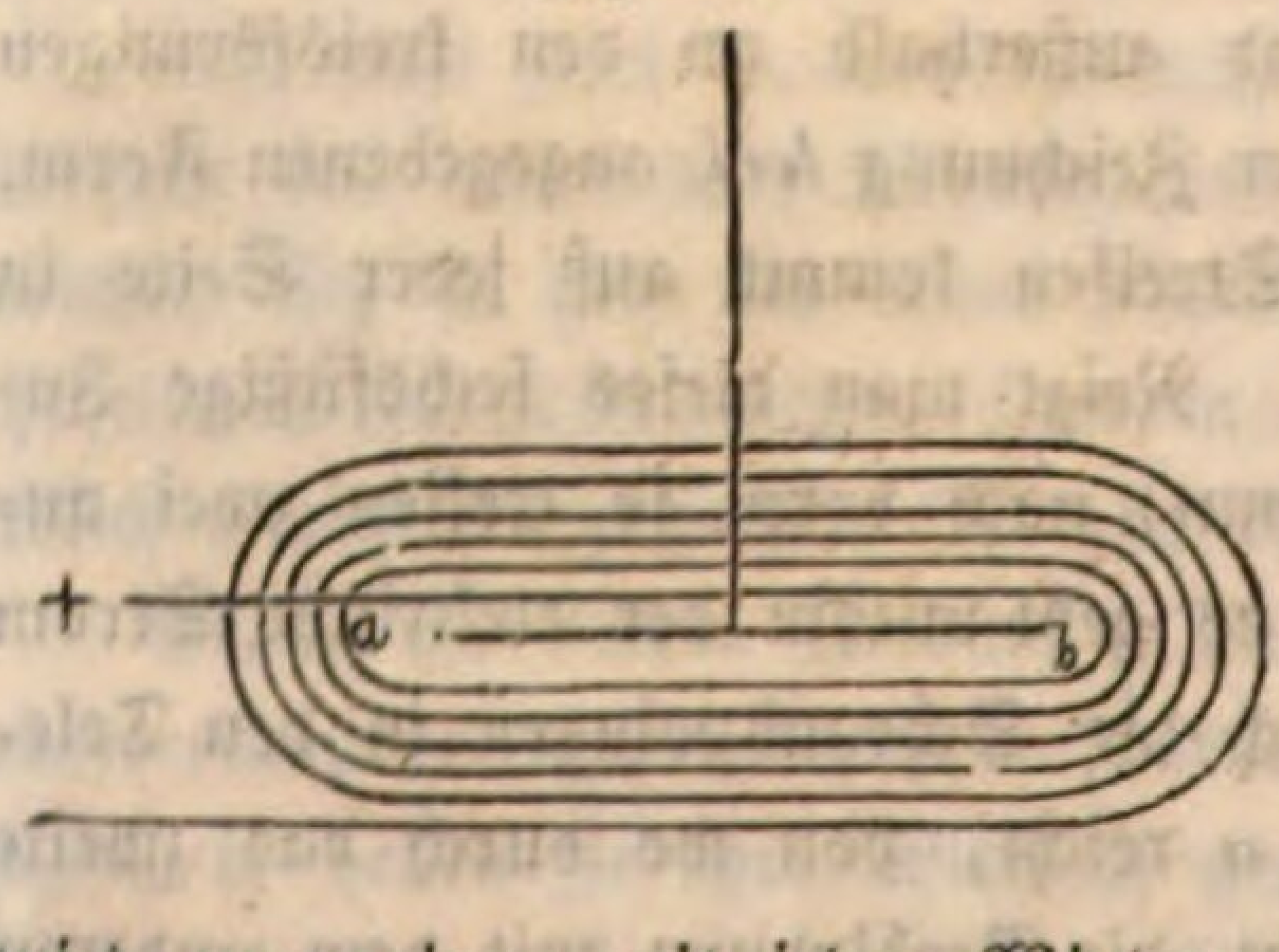


Fig. 156.



Wir haben dieser Eigenthümlichkeit des elektrischen Stromes bereits früher bei dem Multiplicator oder Galvanometer gedacht und müssen hier dessen nur des Zusammenhanges wegen erwähnen, können im Uebrigen auf S. 430 u. f. zurückweisen.

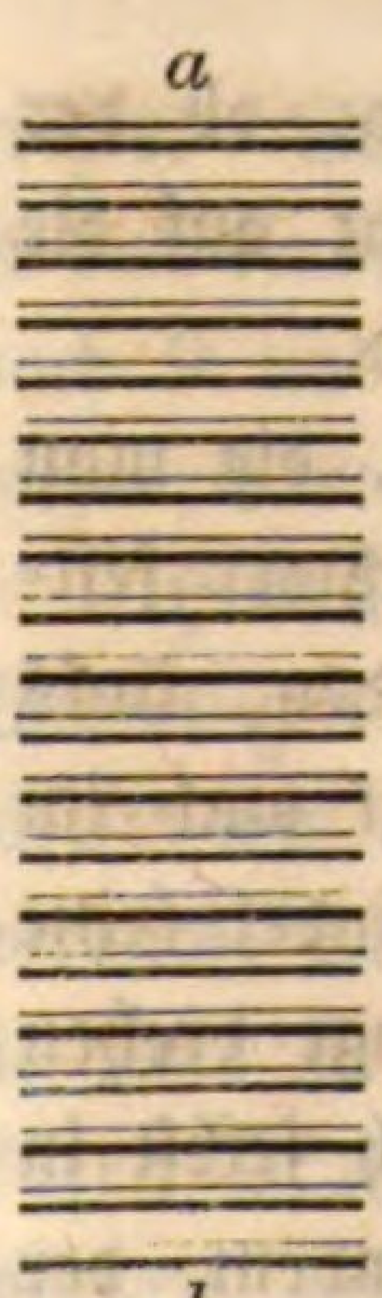
Durch eine solche Einrichtung des Instruments, wie dort angegeben, wird man einen mit jeder Windung um eine Einheit der Stromstärke kräftiger werdenden Transversalmagnet erhalten, und wenn, um eine schwere Magnetnadel zu bewegen, bei e i n e r metallischen Leitung ein Quadratfuß Oberfläche des Plattenpaares nöthig war, so wird bei mehreren hundert Windungen die Elektricität genügen, welche man erhält, wenn man als

elektrisches Plattenpaar eine Nähnadel und eine messingne Stecknadel anwendet.

Allein man kann auch einen Longitudinalmagnet durch Vermehrung der Windungen erhalten; einen Längsmagnet, der, wenn er frei aufgehängt wird, sich von Norden nach Süden richtet (nicht von Osten nach Westen, wie der Transversalmagnet). Um ein Stück Rohr oder um eine ähnlich starke, aus Holz gedrechselte Röhre von 1 Fuß Länge, winde man Kupferdraht, die Windungen so nahe wie möglich an einander, doch nicht so nahe, daß sie sich berühren. Dies wird sehr leicht dadurch erreicht, daß man den Draht mit Seide oder Baumwolle überspinnt (im letzteren Falle ihn aber firnißt), hierauf aber den so übersponnenen Draht dicht an einander reiht, eine Berührung zwischen zwei Ringen, die an einander liegen, findet doch nicht statt, sie sind getrennt durch zwei Lagen Baumwolle oder Seide.

Läßt man durch eine solche Spirale einen elektrischen Strom gehen, so wird man während der ganzen Dauer desselben finden, daß das eine Ende nördliche Polarität, das andere südliche zeigt.

Auch hier ist durch den Transversalmagnetismus die ganze Erscheinung anschaulich zu machen.  Das vorstehende Zeichen deutet einen Transversalmagnet an, der auf der ganzen oberen Länge mit dem dünnen Strich eine Nord-, auf der ganzen unteren Länge eine Südpolarität zeigt.



Man lege zwanzig solcher Transversalmagnete an einander, wie die nebenstehende Figur zeigt, so wird man zugestehen, daß hieraus ein Longitudinalmagnet geworden ist, der nach der Richtung der feinen Striche hin bei *a* die sämmtlichen Nordpole, nach der Richtung der dicken Striche aber bei *b* die Südpole liegen hat, und wenn sich jedes einzelne Streifchen von Ost nach West richtet (worin auch noch jetzt nicht der geringste Unterschied wahrzunehmen ist), so wird doch die Gesammtheit aller von *a* bis *b* sich von Norden nach Süden richten, während immer jeder einzelne in seiner Lage von Osten nach Westen verharrt.

Die Richtung eines, so wie oben beschrieben, überwickelten Rohres läßt sich anschaulich machen und dann heißt es ein Solenoid. Doch wollen wir dies nicht auf die umständliche und beschwerliche Weise thun, wie wir es in vielen Lehrbüchern beschrieben finden, sondern wir wollen uns die Sache so einrichten, daß wir zur Noth allein und ohne Mechanikus damit fertig werden.

Ein Rohr von etwa 1 Fuß Länge wird mit besponnenem Drahte um-

wickelt und die beiden Enden werden nach der Mitte zurückgeführt, woselbst sie nahe bei einander aufhören.

Man macht sich ein Grove'sches oder Bunsen'sches Element aus einem thönernen Pfeifenkopf, davon der Stiel abgebrochen ist, und einem Salbengläschen, bindet um den Rand des letzteren einen Bindfaden, der zu einem Bügel über der Oeffnung des Glases gezogen ist, und befestigt daran einen seidenen Faden von einiger Länge, der an der Decke des Zimmers um einen Nagel geschlungen ist. In das Gläschen bringt man ein Stück Zinkblech und verdünnte Schwefelsäure, in den Pfeifenkopf ein Streifchen Platinblech oder ein Stück Coakskohle zu concentrirter Salpetersäure. Das eine Ende des um das Rohr geschlungenen Drahtes verbindet man nunmehr mit dem Platin, das andere mit dem Zink (jedoch wo möglich durch Anlöthen um der besseren metallischen Verbindung willen) und man hat jetzt einen elektrischen Strom, welcher von dem Platin (oder der Kohle) ausgeht, allen Windungen des Spiraldrahtes folgt und zum Zink gelangend, von diesem wieder durch die Säuren zum Platin geht u. s. f. Dieser Strom macht aus dem umwickelten Rohre eine Magnetnadel von großer Empfindlichkeit, sie wird sich (falls der Seidenfaden keine Drehung hat) genau in den magnetischen Meridian stellen und so oft man sie daraus entfernen mag, immer wieder durch Schwankungen, ganz gleich denen einer großen Magnetnadel, in die Stellung von Nord nach Süd zurückkehren.

Welcher Theil der Spirale sich nach Norden wenden wird, ob der mit dem Platin oder der mit dem Zink verbundene, das kommt auf die Art der Windungen an, ob dieselben rechts oder ob sie links sind.

Wir stoßen hier wieder auf einen jener einfachen Begriffe, die man gewissermaßen mit der Muttermilch eingesaugt und die doch so schwer festzustellen, noch viel schwerer zu beschreiben sind. Rechts gewunden, links gewunden — was ist das? Jeder kennt eine Schraube, es liegt auch im Griffe, wie man eine mit Schraubengängen versehene eiserne Spindel (eine Holzschraube) in ein cylindrisch gebohrtes Loch ohne Schraubengänge drehen soll, so daß die Schraube faßt, tiefer und tiefer eindringt und sich selbst in dem Holz die nöthigen Gänge schneidet. Aber wenn man Jemandem, der nicht ein Maschinenbauer, Mechanikus oder ein Wagenfabrikant ist, eine gut geschnittene Schraube vorlegt und fragt, ist sie rechts oder links, so wird er es nicht wissen. Es giebt nur ein Mittel, das zu beschreiben. Man denke sich einen Cylinder, an dessen eine Endfläche eine Taschenuhr befestigt ist, auf die man sieht. Gehen die Windungen eines Drahtes auf diesem Cylinder, von dem Beschauer angefangen und von ihm sich entfernend, so wie die Zeiger der Uhr, so sind die Windungen rechts. Läßt

man die Windungen bis an das Ende des Cylinders gehen, und von da über die bis zu diesem Punkte gemachten Windungen zurückkehren, so werden diese Windungen links gehen und sie werden die unten liegenden regelmäßig kreuzen (wiewohl unter einem sehr spitzen Winkel).

Ein gewöhnlich gewickelter Wachsstock giebt davon ein deutliches Bild. Er hat fast immer zwei Lagen; die eine derselben ist eine links, die andere eine rechts gehende Schraube; das letztere ist gewöhnlich der Fall mit der äußeren Lage.

Für eine Windung und den Strom, der daran läuft, hat man noch zu bemerken, daß der Strom für zwei Personen, die ihn von verschiedenen Seiten betrachten, einen verschiedenen Werth hat.

Man nehme einen cylindrischen Kork oder irgend einen andern Cylinder, auf dessen flachen Boden man etwas zeichnen kann, eine runde Schachtel zu Schwefelhölzchen, ein Pennal rc. und schreibe auf dessen eine Kreisfläche *a* Fig. 157, die Pfeile *df* und *cg* mit den Spitzen in der Richtung, wie die Zeiger einer Uhr gehen, oben, wo 12 steht, hinab nach 3 und 6, unten, wo 6 steht, hinauf nach 9 und 12.

Fig. 157.



Ein so wandernder Strom geht rechts. Betrachtet man denselben Strom von der Rückseite her, so hat er das Aussehen von *b*, er wandert nämlich von oben, wo 12 steht, hinunter nach 9 und 6 und von unten, wo 6 steht, nach 3 und 12 hinauf und dieser Strom geht links.

Haben wir eine Spirale, aus einer Menge neben einander liegender Windungen bestehend, so gewickelt wie eine rechts gehende Schraube, und lassen wir einen Strom durch dieselbe gehen, so wird stets das eine Ende nördlich, das andere südlich sein; wickeln wir dagegen die Schraube so, daß sie links ist, so wird dadurch die Polarität umgekehrt. Wickelt man zwei Lagen Draht über einander, so daß sie sich der ganzen Länge nach berühren würden, falls nicht die isolirende Schicht der Ueberspinnung mit Baumwolle oder Seide vorhanden wäre, und läßt man alsdann den elektrischen Strom hindurch gehen, so sollte demnach — da die eine Schraube rechts, die andere links geht — die Wirkung beider sich aufheben; dies geschieht aber allen Theorien zum Trotz nicht, im Gegentheil ist eine solche doppelte Spirale stärker, doppelt so stark als die einfache.

Woher kommt denn dies, da es dem eben aufgestellten Gesetze doch widerspricht?

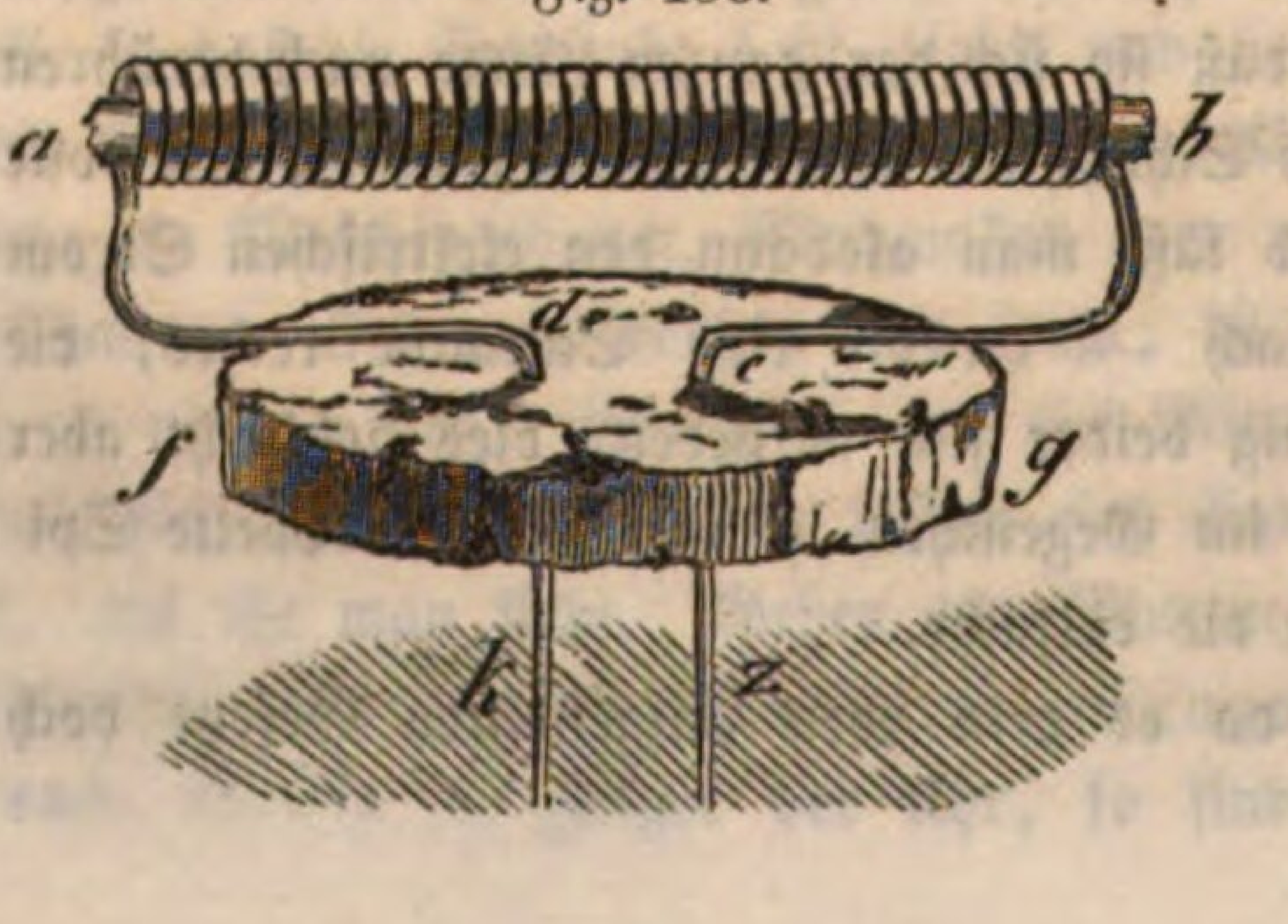
Es widerspricht nicht, es ist nur eine Bestätigung derselben. Man denke sich unter den beiden Strichen *ab* ein Rohr *a*——————*b* mit besponnenem Draht umwickelt und stelle sich vor, daß die Umwickelung bei *a* angefangen habe und einfach gewesen wäre, so wird sie bei *b* enden und ein elektrischer Strom tritt in die rechts gewundene Spirale bei *a* ein und geht bei *b* hinaus, nun stelle man sich vor, *ab* sei eine doppelt, d. h. einmal hin von *a* nach *b*, also rechts, und einmal zurück von *b* nach *a*, also links, gewickelte Spirale, so fängt der Draht bei *a* an, hört aber nicht bei *b* auf, sondern geht von *b* wieder nach *a* zurück und hört bei *a* auf.

Nun erklärt sich das Uebrige leicht und gewissermaßen von selbst. Liefe der Strom in der rechts gewundenen Spirale von *a* nach *b*, kehrte er darauf geradlinig (etwa durch das Rohr hindurch) zurück nach *a* und ginge er nun zum zweiten Male von *a* nach *b* durch die links gewundene Spirale, so würde er allerdings den ersten Strom vollständig aufheben und von ihm aufgehoben werden, so daß keine Wirkung übrig bliebe, vorausgesetzt, daß die Zahl der Windungen in beiden Fällen eine gleiche wäre; allein da die Ströme in den verschieden gewickelten Spiralen nicht gleich, sondern verschieden fließen, so heben sie einander nicht auf, sondern sie verstärken einander.

Das Solenoid ist ein für die Lehre vom Elektromagnetismus sehr wichtiges Instrument, indem es den innigen Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus sehr deutlich darstellt und Ampère sogar Veranlassung gegeben hat, den Magnetismus und die Elektricität für identisch, d. h. für ein und dieselbe Kraft zu halten.

Wenn diese Ansicht von den deutschen Physikern auch keineswegs getheilt wird, so ist es doch von Wichtigkeit, sie zu kennen. Ampère stützt sich darauf, daß zwei Magnete, zwei Solenoide oder ein Solenoid und ein Magnet, sich gegen einander völlig gleich verhalten. Ampère hat die Versuche allerdings auf eine andere Weise mit viel complicirteren Apparaten gemacht, sie lassen sich jedoch mit zwei Solenoiden sehr viel besser und jedenfalls mit viel geringeren Mitteln anstellen und deshalb wollen wir noch ein anderes Solenoid beschreiben, welches wo möglich noch einfacher ist als das vorher angegebene. *ab* ist ein Stück Schilfrohr, mit den Knotenansätzen an

Fig. 158.



den beiden Enden *a* und *b*, weil diese stärker sind als das übrige Rohr und daher das Befestigen des Drahtes *dabc*, welcher in einer Spirale darum gewickelt ist, an den Enden leichter und sicherer gestatten. *fg* ist ein Korkspund, je nach der Größe der Spirale, von 2 bis 4 Zoll Durchmesser. In den Spund sind zwei Platten, die eine von Kupfer, die andere von Zink, befestigt, so breit wie die Durchmesser des Spundes und etwa eben so lang. Das Ende *d* des Spiraldrahtes ist an die Kupferplatte *k*, das Ende desselben Drahtes *c* ist an die Zinkplatte *z* angelöthet.

Hiermit ist das Solenoid vollkommen fertig und wird seinen Dienst thun, sobald man es in ein Glas setzt, in welchem sehr verdünnte Schwefelsäure (besser gesagt gesäuertes Wasser) befindlich und welches groß genug ist, daß der Korkspund darin schwimmen kann, ohne an die Wände des Glases zu stoßen.

So wie die elektrische Thätigkeit eintritt, ist auch das Rohr magnetisch und die damit anzustellenden Versuche sind außer dem, daß es sich selbst von Süden nach Norden richtet, folgende:

1) daß zwei Solenoide, mit ihren nach Norden weisenden Enden einander genähert, sich abstoßen, eben so mit den nach Süden gerichteten Enden;

2) daß zwei Solenoide, mit ihren ungleichnamigen Polen einander genähert, sich anziehen;

3) daß ein Nordpol eines Magnets dem nach Norden zeigenden Ende eines Solenoids genähert, dasselbe abstößt, während er das Südende eines solchen anzieht.

Weil ganz dasselbe zwischen zwei Magnetstäben geschieht, wie zwischen zwei Solenoiden, und einem Solenoid und einem Magnet, so schließt Ampère, wie bereits gesagt, daß die beiden Kräfte identisch seien.

Die Transversalrichtung und Stellung erhält man, wenn man statt einer über ein Rohr gewickelten Spirale einen einzelnen Draht nimmt, dessen Enden mit dem schwimmenden Plattenpaare verbunden sind. Eine Verstärkung durch mehrere Windungen zu erzielen, gelingt, wenn man den Draht so wickelt, daß er einige zwanzig Male neben einander im Kreise läuft.

Fig. 159.



Wird über den in Thätigkeit befindlichen Apparat mit einem Drahte, ein Stahlmagnet, parallel mit der Richtung des Drahtes gehalten, so zeigt sich augenblicklich eine Drehung des letzteren und der Draht stellt sich, wenn eine hinlängliche Wirksamkeit vorhanden ist, vollständig rechtwinklig auf den Magnet.

Magnetisiren durch Elektricität.

Diese magnetische Kraft überträgt sich auf Eisen und Stahl, legt man ein Eisenstück von ein paar Zoll Länge auf ein kleines Gestell, auf ein dickes Buch, so daß seine beiden Enden darüber hinaus stehen, und führt man den elektrischen Strom eines starken Plattenpaares quer über dieses Stück Eisen hinweg, doch so, daß der Leiter das Eisen nicht metallisch berührt, so wird alsbald das Eisen schwach magnetisch erscheinen und an seinen beiden Enden werden kleine Nägel, kleine Schlüsselchen hängen bleiben, welche sofort abfallen, wie man den elektrischen Strom aufhören läßt.

Nimmt man statt des Eisens ein Stück Stahl, so findet ganz dasselbe statt, nur mit dem Unterschiede, daß der Magnetismus, der in dem Stahle erregt worden ist, nicht aufhört, wenn der elektrische Strom unterbrochen wird, sondern daß der Stahl magnetisch bleibt.

Läßt man den Strom nicht einfach, sondern mehrfach nach derselben Richtung um das Stück Eisen gehen, so wird dasselbe sehr viel stärker magnetisch werden als bei dem vorigen Versuch, wobei zu bemerken ist, daß nicht etwa eine lange Dauer des Stromes erst die Magnetisirung bewirkt, sondern dieselbe in dem Augenblicke geschehen ist, in welchem der Strom eintritt, in welchem die Kette geschlossen ist.

Es ist sehr leicht, sich von dieser augenblicklichen Wirkung zu überzeugen, wenn man in die Leitung ein Gyrotrop (einen Stromwender) siehe S. 575, einschaltet.

Man sieht sehr leicht, auf welche Art man nun einen Transversalmagnet wird machen können, worauf S. 440 hingewiesen worden ist. Wenn man ein flaches Stück Stahl (ein Stück eines Sägeblattes, von welchem die Zähne abgeschnitten sind, eine Ziehklinge, wie die Tischler dieselbe brauchen) mit dem isolirten (übersponnenen) Draht, der Quere nach umwickelt, so wird es ein Longitudinalmagnet; umwickelt man dasselbe sehr regelmäßig der Länge nach, so wird es ein Transversalmagnet, der, wenn das Stück Stahl etwa eine abgebrochene Messerklinge gewesen wäre, seinen Nordpol längs des ganzen Rückens, seinen Südpol längs der ganzen Schneide hat, oder umgekehrt, was auf die Richtung des Stromes ankommt, nur in keinem Falle an der Spitze und an das Heft, wie es der Fall sein würde, wenn das Messer durch Streichen mit einem Magnet oder durch eine querüber gehende Spirale magnetisirt worden wäre.

Ueberall sieht man hier die transversal-magnetische Wirkung des in die Länge laufenden Stromes, und doch müssen wir gerade jetzt diese Vorstellung

verlassen, obschon sie uns sehr unterstützte und die Auffassung durch das Anschauliche sehr erleichterte; allein es treten hier Fälle ein, welche es durchaus nothwendig machen, eine Bewegung der magnetisch-elektrischen Kraft anzunehmen. Stellen wir uns unter den beiden Strichen *a b* einen Transversalmagnet vor, *a*━━━━━━━━*b* welcher flach auf dem Tische liegt. Der dicke Strich bezeichnet den Nordpol. Stellen wir die Magnetnadel darauf, so wird sie sich querüber so richten, daß ihr Nordende gegen den feinen Strich, ihr Südende gegen den dünnen Strich gerichtet ist. Halten wir dieselbe Nadel unter dem Transversalmagnet, also etwa unter den Tisch, auf dem er liegt, aber gerade darunter, so wird ganz dasselbe stattfinden.

Stellen wir uns in den Strichen *cd* *c*━━━━━━━━*d* einen Kupferdraht vor, der von *c* nach *d* durch einen elektrischen Strom durchlaufen wird, so wird mit einer darüber stehenden Nadel dasselbe geschehen; allein wenn wir nunmehr, bei gleichbleibender Richtung des Stromes, die Nadel darunter halten, so wird dieselbe sich nach der entgegengesetzten Richtung wenden, als ob der Draht ein Transversalmagnet wäre, der umgekehrt läge, wie *d*━━━━━━━━*c*.

Wenn aber der Draht ein wirklicher Transversalmagnet wäre, so müßte es ja gleichgültig sein, ob er über oder unter der Nadel läge; immer wäre ja sein ganzer Magnetismus nach derselben Seite gerichtet, nicht so bei dem elektrischen Strome.

Ein Bild wird uns da zu Hülfe kommen. Stellen wir uns einen wirklichen Transversalmagnet vor, der an seinen beiden schmalen Seiten durch ein paar Stifte gehalten, um die Längsaxe drehbar ist. Wir wollen nun eine Magnetnadel 3 Zoll weit davon über den Transversalmagnet halten, so wird sie mit ihrem Nordpol sich nach dem Südpol des Transversalmagnets wenden; wir wollen sie nun auf die Seite des Transversalmagnets stellen, gleichfalls 3 Zoll weit von ihm entfernt, aber wir wollen den Transversalmagnet auch um ein Viertel umwenden, so daß seine Südseite oben steht, es wird die Nadel nunmehr mit ihrem Nordpol nach oben zeigen. Wir wollen die Nadel immer in derselben Entfernung wie früher unter den Magnet stellen, ihn aber in der nämlichen Richtung auch noch um ein Viertheil einer ganzen Umdrehung wenden, er liegt jetzt wieder flach wie am Anfang; aber wenn vorher sein Nordpol dem Experimentator rechts war, so ist er ihm jetzt links und die Magnetnadel stellt sich daher in entgegengesetzter Richtung, wie bei dem ersten Versuch. Gehen wir noch weiter mit unserer Nadel, so daß sie jetzt auf der anderen Seite des Transversalmagnets steht, drehen wir aber unsern Magnet auch wieder um

90 Grad weiter, so wird jetzt seine Nordseite oben sein, während es bei der ersten Viertelsdrehung die Südseite war, und indeß damals die Nordhälfte der Nadel aufwärts stieg, wird jetzt die Südhälfte sich erheben.

So ist es, wenn man mit einer Magnetnadel um einen gespannten Draht geht, in welchem ein elektrischer Draht läuft, d. h. der nicht zu verkennende Transversalmagnetismus ist da, allein nicht nach einer Richtung, sondern nach allen Richtungen hin, und dies läßt sich nur begreifen, wenn man sich denkt, der Transversalmagnet werde mit unendlicher Schnelligkeit immerfort um seine Längenaxe gedreht, d. h. der elektrische Längsstrom bringe einen magnetischen Kreisstrom um den Draht, in welchem er läuft, hervor.

Und so muß es sein, denn eine Reihe sehr sinnreicher Versuche von Schweigger, Ampère, de la Rive, Fechner, Cumming 2c. haben diese Drehung vollständig nachgewiesen, nur sind die dazu gehörigen Apparate meistens so verwickelt, daß es schwer wird, sie zu beschreiben, wenn man nicht ungemein (und mehr als es für die Räumlichkeit eines Buches wie das gegenwärtige erlaubt ist) weitläuftig werden will, daher nur ein paar der einfachsten Apparate hier Platz finden mögen.

Zwei Ringe aus Kupferblech im Durchmesser um mehr als 1 Zoll verschieden, lasse man durch einen gemeinschaftlichen flachen Kupferring verbinden, so daß daraus eine kreisförmige tiefe Rinne entsteht, welche inwendig cylindrisch geöffnet und gerade so weit ist, daß sie über einen Pol eines starken Hufeisenmagnets paßt.

Auf den inwendigen kleineren Cylinder schiebt man einen ähnlichen Cylinder von starkem Zinkblech, welches man gut amalgamirt hat, nachdem es gebogen worden ist.

Wenn man in dieses Gefäß, dessen äußere Wand nunmehr aus Kupfer und dessen innere aus Zink besteht, eine Mischung aus Salmiakwasser und Säure gießt, so entsteht sofort diejenige Strömung, welche bei einem galvanischen Element in der Flüssigkeit stattfinden muß, nämlich so wie im metallischen Leiter vom Kupfer zum Zink, so in dem flüssigen vom Zink zum Kupfer. Die Strömung, welche also von dem inneren Kreise zum äußeren geht, wird zwar auf den ersten Blick sichtbar sein, wird es jedoch noch viel unzweifelhafter, wenn man ein wenig fein gepulverten Bernstein in die Flüssigkeit schüttet. Stellt man dieses Gefäß auf den Nordpol des Hufeisenmagnets, zu welchem es passend gemacht worden, so sieht man augenblicklich die strahlenförmige Strömung von innen nach außen sich verwandeln in eine kreisförmige rechts herum, und setzt man das Gefäß auf den Südpol, so geht die Strömung links herum.

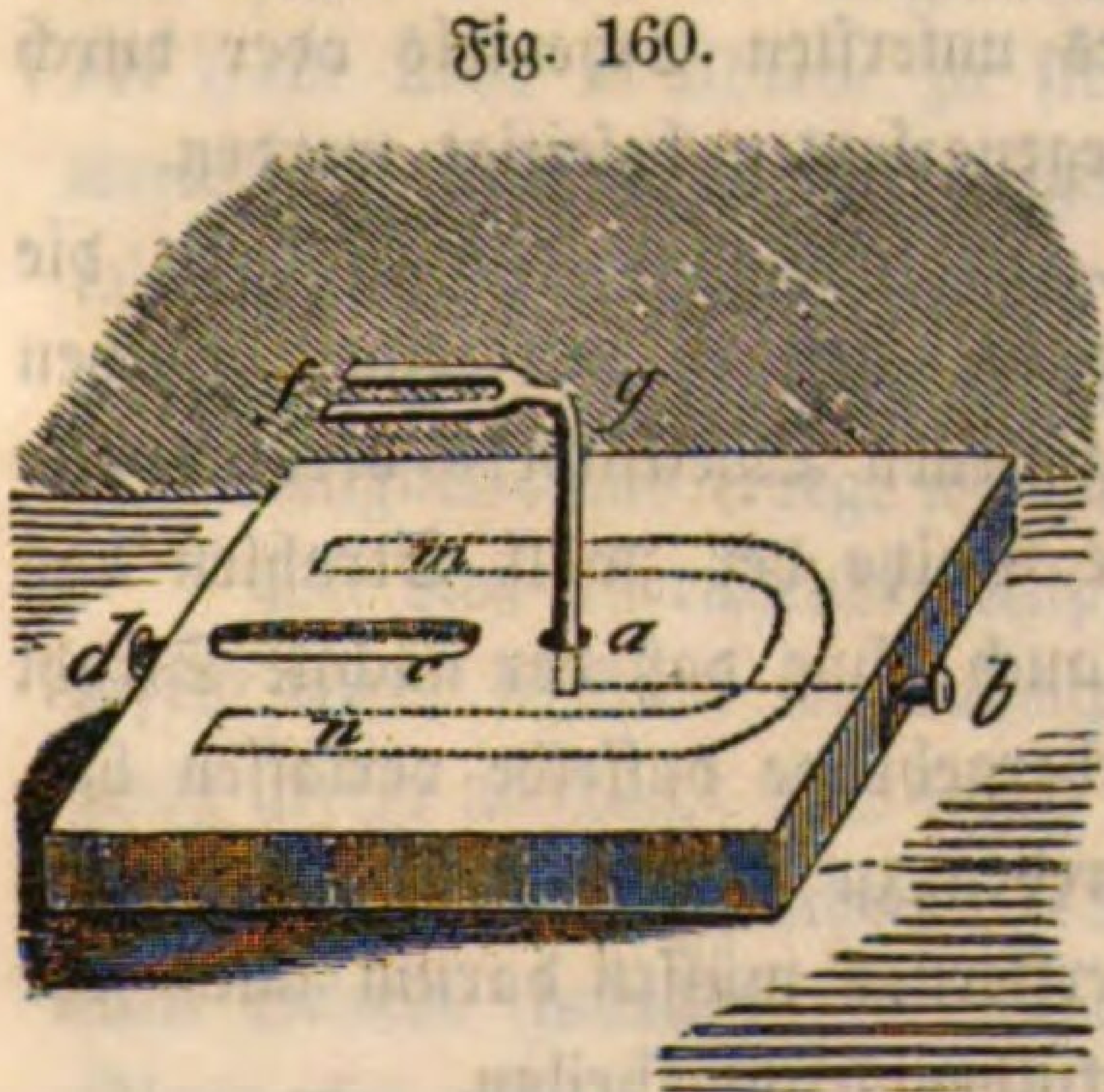
Noch viel einfacher läßt sich der Versuch folgender Art machen: Man lege ein Stück schwarzes Papier auf den Nordpol eines ziemlich starken, flach hingestreckten Magnets, setze ein Uhrglas darauf und tauche ein Stückchen Zinkdraht und ein Stückchen Silberdraht, die mit ihren anderen Enden zu einem ∧ zusammengelöthet sind, gleichzeitig in das Uhrglas, in welches man etwas gewöhnliches Scheidewasser gegossen hat.

Es wird alsbald jedes der Metalle angegriffen werden und vermöge der Salzsäure, die im Scheidewasser immer enthalten ist, wird sie auch etwas salzsaures Silber in weißen Flöckchen bilden, vermöge derselben wird man die Bewegung in der Flüssigkeit, unterstützt durch den schwarzen Grund, den das Papier darbietet, sehen können, sie geht in Kreisen sowohl um den Silber- als um den Zinkdraht, und zwar so, daß die Kreise sich entgegen laufen, auf einer Seite von außen nach innen beide zusammen kommend, auf der anderen Seite beide nach außen und aus einander gehend.

Merkt man sich die Richtung der Kreise genau und wiederholt man nunmehr das Experiment auf dem Südpol, so nimmt man die kreisende Bewegung gleichfalls wahr, aber Jedem, der es sieht, wird es doch wunderbar vorkommen, daß hier alle Bewegungen umgekehrt stattfinden und er wird wider Willen auf Strömungen, die in verschiedenen Richtungen um die verschiedenen Pole des Magnets gehen und die Rotation der Flüssigkeit bestimmen, kommen müssen.

Noch ein anderer sehr schöner, wiewohl nicht ganz leicht zu construirender Apparat möge hier Platz finden, er ist von Barlow angegeben und hat folgende Einrichtung: Die Fig. 160 zeigt ein Brett, etwas länger und breiter als das starke magnetische Hufeisen, welches man zu diesem Versuche bestimmt. Es hat bei *c* eine mit dem Hohleisen etwa ¼ Zoll ausgetiefte Rinne, zu der von der Schraubenklemme *d* ein Draht durch die Holzdicke führt, so daß in die Rinne gegossenes Quecksilber mit der äußeren Schraube *d* in metallisch leitender Verbindung steht.

Fig. 160.



Bei *a* ist eine Stimmgabel von dickem Messingdraht (sie braucht nicht zu tönen, sie soll nur etwas tragen) in das Brett geschraubt, so daß sie einen dahin geleiteten Draht *ab* trifft, welcher seinerseits wieder mit der Schraubenklemme *b* in Verbindung steht. (Es ist immer gut, wenn diese Verbindungsstellen gelöthet sind.) Bei *g* ist der Stiel der Stimmgabel

rechtwinklig gebogen, so daß die beiden Schenkel derselben horizontal und parallel neben einander liegen. Durch die beiden Enden bohrt man Löcher und führt eiserne Schrauben mit messingnen Knöpfen hindurch, so daß die Knöpfe beider auswendig stehen. Die Stifte der Schrauben haben in der Axe kleine kegelförmige Vertiefungen, in der Zeichnung fehlen dieselben, um sie nicht zu complicirt zu machen.

So ist der Apparat geeignet, das Rad aufzunehmen, welches zwischen den Schrauben schweben und sich drehen soll; dasselbe besteht aus einem Stern von Kupferblech, so fein und tief ausgeschnitten, daß er das möglichst geringe Gewicht bekommt. In der Mitte durchbohrt, ist er auf eine Axe gesteckt, an welcher er festgeschraubt werden kann. Die Axe muß von Stahl sein, so kurz, daß sie gerade zwischen die Schenkel der Stimmgabel paßt, ihre Enden sind kegelförmig abgedreht, so daß sie in die Bohrlöcher der Schrauben reichen.

Fig. 161.



Es kommt nun sehr darauf an, daß der Stern, welcher hier nur mit vier Strahlen angegeben ist, der aber zwölf Strahlen haben muß, so gut abgeglichen ist, daß erstens alle seine Strahlen ganz gleich lang sind, zweitens er nirgends eine vorwiegende Schwere hat, also wenn man ihn nach dem Drehen irgend wo anhält, da stehen bleibt, wo man ihn gehalten hat, ohne noch ein Stückchen vor oder zurück zu laufen, wodurch er eben seine Schwere an der Stelle, die nach unten steht, verräth. Diese muß durch Dünnfeilen des untersten Schenkels oder durch Aufkleben von etwas Wachs an dem entgegengesetzten beseitigt werden.

Hat man dieses vollständig erlangt, so setzt man das Rad in die Schräubchen der Stimmgabel und stellt es so, daß es mit seinen Spitzen gerade die Fläche des in die Rinne *c* gegossenen Quecksilbers berührt und überzeugt sich, daß beim Drehen eine jede Spitze der zwölf Strahlen das Quecksilber trifft, ohne tief einzuschneiden, auch ohne daß der nächste Strahl das Quecksilber berührt, ehe noch der vorhergehende dasselbe verlassen hat, weil sonst der Widerstand, den es beim Drehen zu überwinden hat, zu groß wird. Die Spitzen der Strahlen des Kupfersternes müssen darum auch sehr scharf, schneidend sein, damit sie das Quecksilber leicht theilen.

Ist Alles auf diese Weise geordnet, und leitet man nach der Schraube *d* des Apparats die Elektrode des negativen Poles einer kleinen, constanten Batterie und nach der Schraube *b* die Elektrode des positiven Poles, so geht der Strom von *d* in das Quecksilber, aus diesem in einen der Strahlen des Sternes, hieraus durch die Zange oder Stimmgabel *fga* nach der

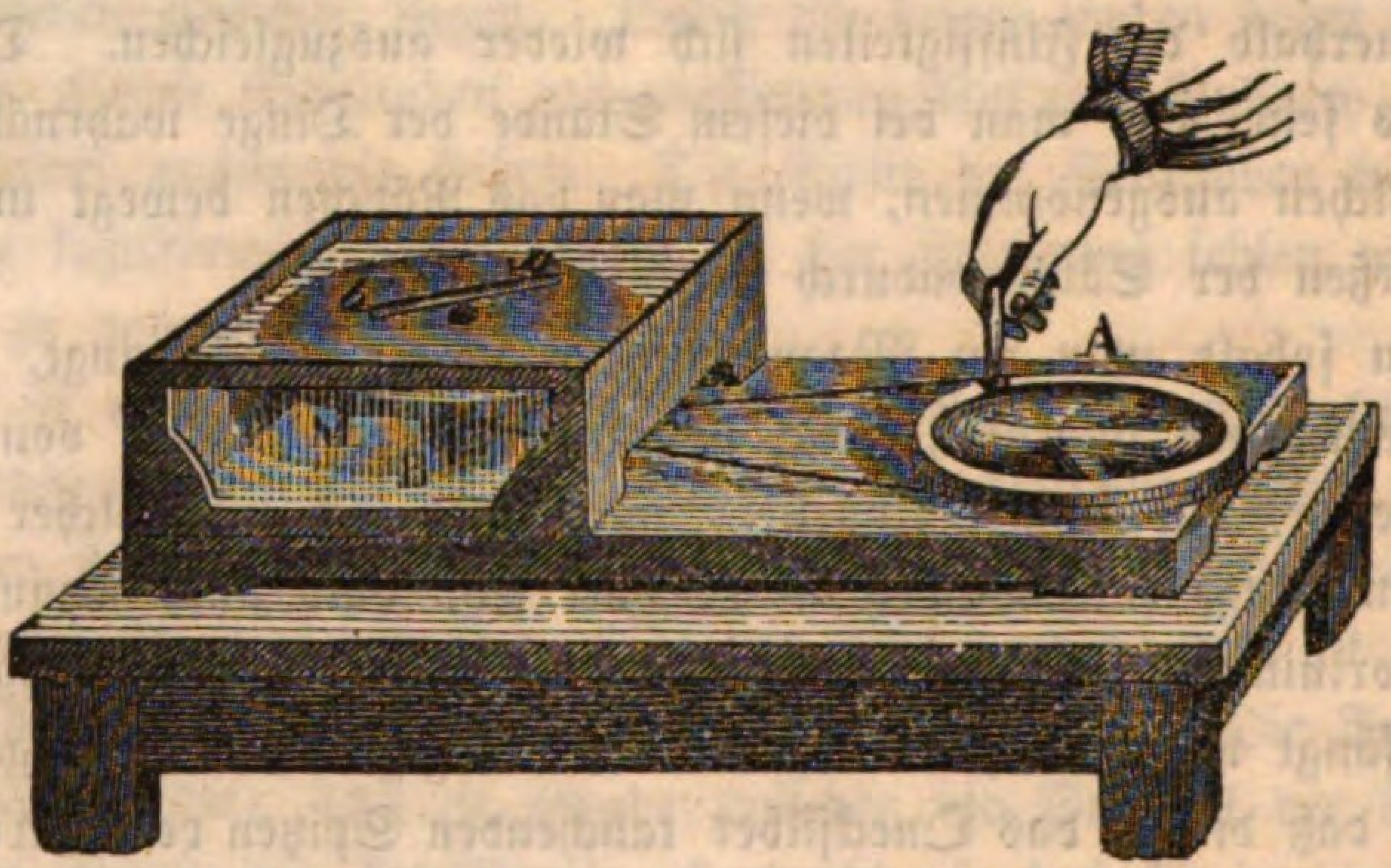
Schraube *b*, um sich von dort zum Zink der Batterie zu begeben und von diesem innerhalb der Flüssigkeiten sich wieder auszugleichen. Das dürfte wohl Alles sein, was man bei diesem Stande der Dinge wahrnähme, etwa einige Fünkchen ausgenommen, wenn man das Rädchen bewegt und Oeffnen und Schließen der Säule dadurch veranlaßt.

Allein sobald man ein Magnethufeisen in die Lage bringt, welche die punktirte Linie *mn* andeutet, fängt das stillstehende Rädchen von selbst an, sich zu drehen, und immer schneller, nach und nach mit solcher Heftigkeit, daß es dem Auge entschwindet — es hört sehr bald auf, wenn man den Magnet fortnimmt, indem es dann nur noch seinem Beharrungsvermögen folgt, es fängt wieder an, wenn man den Magnet in die angegebene Lage bringt, so daß die in das Quecksilber tauchenden Spitzen des Rades zwischen den Polen des Magnets liegen.

Läßt man das Rädchen recht in's Laufen kommen und kehrt man dann plötzlich das Hufeisen um, so daß sein Nordpol da liegt, wo früher der Südpol gelegen hat, so sieht man, wie augenblicklich eine hemmende Kraft auf das Rädchen wirkt, seine rasche Drehung in wenig Secunden abnimmt, aufhört und dann in die entgegengesetzte umschlägt. Auch hier wie in den beiden vorigen Versuchen sind die Wirkungen von Strömungen, welche den Magnet nach entgegengesetzten Richtungen umkreisen, nicht zu verkennen und ist auch damit noch nicht bewiesen, was Ampère sagt, daß um jeden Magnet fortwährend ein elektrischer Strom kreist, gerade so wie um jeden elektrischen Strom ein magnetischer, so ist doch die Analogie, die Aehnlichkeit der Fälle nicht in Abrede zu stellen und wir werden uns gewöhnen müssen, wenigstens bildlich so gut magnetische Ströme zu gestatten und anzunehmen wie elektrische, und wir werden späterhin sehen, daß durch den Magnetismus gerade so gut und so stark Elektricität erregt werden kann, wie durch Elektricität Magnetismus erregt wird, wovon wir vorläufig noch zu sprechen haben.

Wie hier ein ruhendes Kupferrad durch den Magnetismus in Bewegung gesetzt wird, so kann ein ruhender Magnet durch ein Stück Kupfer in Bewegung gesetzt werden. Wir sehen (Fig. 162, S. 588) in dem Glaskasten links vom Leser eine Kupferscheibe *MB* auf einer Axe *B* frei stehen, sie wird durch eine Schnur mittelst des Rades *A* in Bewegung gesetzt. Wenn auf dem Glasdeckel rechts in der Mitte über der Kupferscheibe eine Magnetnadel *ab* entweder auf einem Stifte schwebt oder besser an einem Faden frei hängt, so wird diese Magnetnadel durch die Kupferscheibe, sobald diese rotirt, in Bewegung gesetzt und zuletzt zum lebhaftesten Schwingen im Kreise gebracht, dreht man umgekehrt, so verlangsamert sich der Gang der Nadel, sie steht still und kehrt dann gleichfalls um, so daß sie abermals dem Schwunge der Kupferscheibe folgt.

Fig. 162.



Es wurde diese Thatsache nach vielen höchst kostspieligen und großartigen Versuchen Biot's von den französischen Gelehrten für eine ganz neue Erfindung, für den Rotationsmagnetismus erklärt, bis Faraday zeigte, daß derselbe nichts weiter als die Umkehrung des vorigen Versuches ganz nach dem Gesetze der Reciprocität sei und daß Barlow den Einfluß des Kupfers auf die Stellung der Magnetnadel längst gezeigt, dennoch figurirten die beiden Experimente an ganz verschiedenen Stellen der Lehrbücher als sehr verschiedene elektrisch-magnetische Thätigkeiten, bis Dove wiederholt auf die Identität derselben aufmerksam machte.

Elektromagnete.

Bei Gelegenheit des Solenoids oder vielmehr der dazu gehörigen Spirale haben wir gesehen, daß man ein Stück Eisen vorübergehend, ein Stück Stahl dauernd magnetisch machen könne, daß man aber auch im Stahl wie im Eisen den Magnetismus durch Umkehrung der elektrischen Stromrichtung beliebig schnell und beliebig oft wechseln könne.

Die erste Thatsache führt auf die Frage: kann man denn dadurch auch recht große, starke und beliebig starke Magnete machen? Die zweite Thatsache führt auf die Frage: kann man denn dadurch nicht Maschinen in Bewegung setzen? Beide Fragen muß man mit Ja beantworten, wiewohl man nur in dem ersten Theile Ungeheures geleistet hat und das andere bis jetzt trotz mannigfaltiger und kostspieliger Versuche doch immer noch Spielerei geblieben ist. Man sieht hier, daß Schlüsse, welche man auf Analogien gestützt macht, sehr leicht trügen können, und sieht auch, daß Modelle von Maschinen niemals zu Schlüssen auf ihre Wirksamkeit im Großen berechtigen.

Professor Fechner in Leipzig, einer der größten Gelehrten auf dem Felde der Naturwissenschaften, sagte zu dem Verfasser im J. 1836, er sei überzeugt, daß binnen zwei Jahren der Elektromagnetismus das Maschinenwesen gänzlich umgestalten, Dampf- und Wasserkraft verdrängen werde; es sind seit dieser Zeit zehnmal zwei Jahre verflossen und man steht noch immer so ziemlich auf demselben Fleck, wiewohl unterdessen die mächtigen Platin-, Kohlen- und Eisenbatterien den Mechanikern durch ihre dauernden und bei kleinen Dimensionen doch ungeheuren Wirkungen zu Hülfe gekommen sind, denn man macht jetzt mit einer Grove'schen Batterie, welche man in ihren einzelnen Theilen in die beiden Taschen eines Ueberrocks bringen kann, mehr als sonst mit einer Kupfer- und Zinkbatterie, zu deren Transport man einen Frachtwagen brauchen würde, indem ein Grove'sches Element wenigstens 400 Mal mehr leistet als ein gleich großes von Kupfer und Zink; wiegen also 6 Grove'sche Elemente 25 Pfund, so wiegen eben so viele aus Kupfer und Zink, welche die gleiche Wirkung haben sollen, also 400 Mal größer sein müssen, 100 Centner, und überdies ist die Kraft der ersteren Tage lang gleich stark, indeß die der gewöhnlichen aus Kupfer und Zink mit einer Flüssigkeit kaum eine Viertelstunde in gleicher Stärke wirkt.

Kraft in ungeheurem Maße können wir hervorbringen, aber nicht auf große Entfernungen wirkend. Der Verfasser besitzt einen Elektromagnet aus einer Eisenbahnwagen-Axe, welche nicht die vorschriftsmäßige Dicke hatte; die Stange hat 3 Zoll Durchmesser und das daraus gebogene Hufeisen hat 20 Zoll Länge. Mit einer einfach gewickelten Spirale von Kupferblech, in der Breite eines Zolles und mit im Ganzen 40 Windungen, wurde bei Anwendung zweier Grove'scher Elemente die Tragkraft dieses Stückes Eisen so groß, daß eine Belastung von 21 Centner den Anker nicht abriß. Der Elektromagnet trägt also ein außerordentliches Gewicht, aber aus der Entfernung von 1 Fuß hebt er nicht 1 Loth, aus der Entfernung von 6 Zoll nicht ½ Pfund — was kann eine solche Kraft helfen!

Dennoch ist es interessant (wenn auch vorläufig noch nicht praktisch nützlich), sie hervorbringen zu können.

Man biege ein Stück Eisendraht von 6 Zoll Länge, nachdem man dasselbe mit besponnenem Kupferdraht dicht umwickelt hat, in die Form eines Hufeisens. Hat der Eisendraht etwa die Dicke einer Rabenfeder und der Kupferdraht die eines 1/30 Zolles (einer dicken Stricknadel), so wird ein Grove'sches Element dem Elektromagnet eine Tragkraft von 4 bis 5 Pfund geben. Hat der Eisendraht die Dicke eines Gänsekieles, so trägt er 12 bis 15 Pfund, also nahezu sein 500faches Gewicht. Auch diese Tragkraft kann

man noch bedeutend vermehren, wenn man die Lage der Windungen verdoppelt und verdreifacht.

Große Elektromagnete macht man bequemer auf folgende Art: Man läßt sich eine Stange Rundeisen von der Stärke und Länge, wie man sie haben will, zu einem Hufeisen mit parallelen Schenkeln biegen und läßt die Enden der Schenkel, welche die Polflächen bilden sollen, recht gerade feilen und eben schleifen, auch einen möglichst starken Anker (wenigstens aus einer eben so dicken quadratischen Eisenstange gemacht als die Hufeisenstange im Durchmesser hat) dazu schmieden und auf der Fläche, welche an das Hufeisen kommen soll, ganz gerade schleifen.

Die rauhe Oxydhaut, welche das Rundeisen hat, muß entweder vor dem Biegen abgedreht werden, oder sie muß nach dem Biegen, so weit die Schenkel gerade sind, durch Feilen entfernt werden.

Um jeden Schenkel legt man ein Blatt Papier einmal umgeschlagen, darüber legt man ein Stück dünne Pappe, welche den Schenkel zweimal umschlingt. Nachdem man die hierzu nöthige Länge durch Ausprobiren gefunden hat, bestreicht man die innere Seite der zweiten Lage mit gutem Stärkekleister, wickelt beide Lagen fest auf den Schenkel des Hufeisens, umschlingt das so gebildete Rohr mit breiten Bändern, eine jede Wendung dicht an die andere legend und überläßt das Ganze nunmehr sich selbst, bis es vollständig getrocknet ist.

Wenn die Eisenstange über 1 Zoll Dicke hat und mehr als 2 Fuß lang wird, so ist es unbequem, dies so wie das Folgende damit vorzunehmen und man thut alsdann wohl, sich einen Cylinder von Büchenholz genau nach der Stärke des Eisens drehen zu lassen und auf diesem das Rohr aus Pappe zu gestalten.

Nach dem Trocknen entfernt man den Cylinder aus der Röhre, welches bequem geht, da zwischen ihm und dem Rohr das glatte Papier liegt, welches die Verschiebung sehr erleichtert, auch ist der Pappcylinder nach Entfernung des Papiers aus demselben etwas Weniges weiter, wie der Schenkel des Magnets dick ist, läßt sich daher leicht darauf bewegen. Das zweite Rohr für den andern Schenkel wird eben so gemacht.

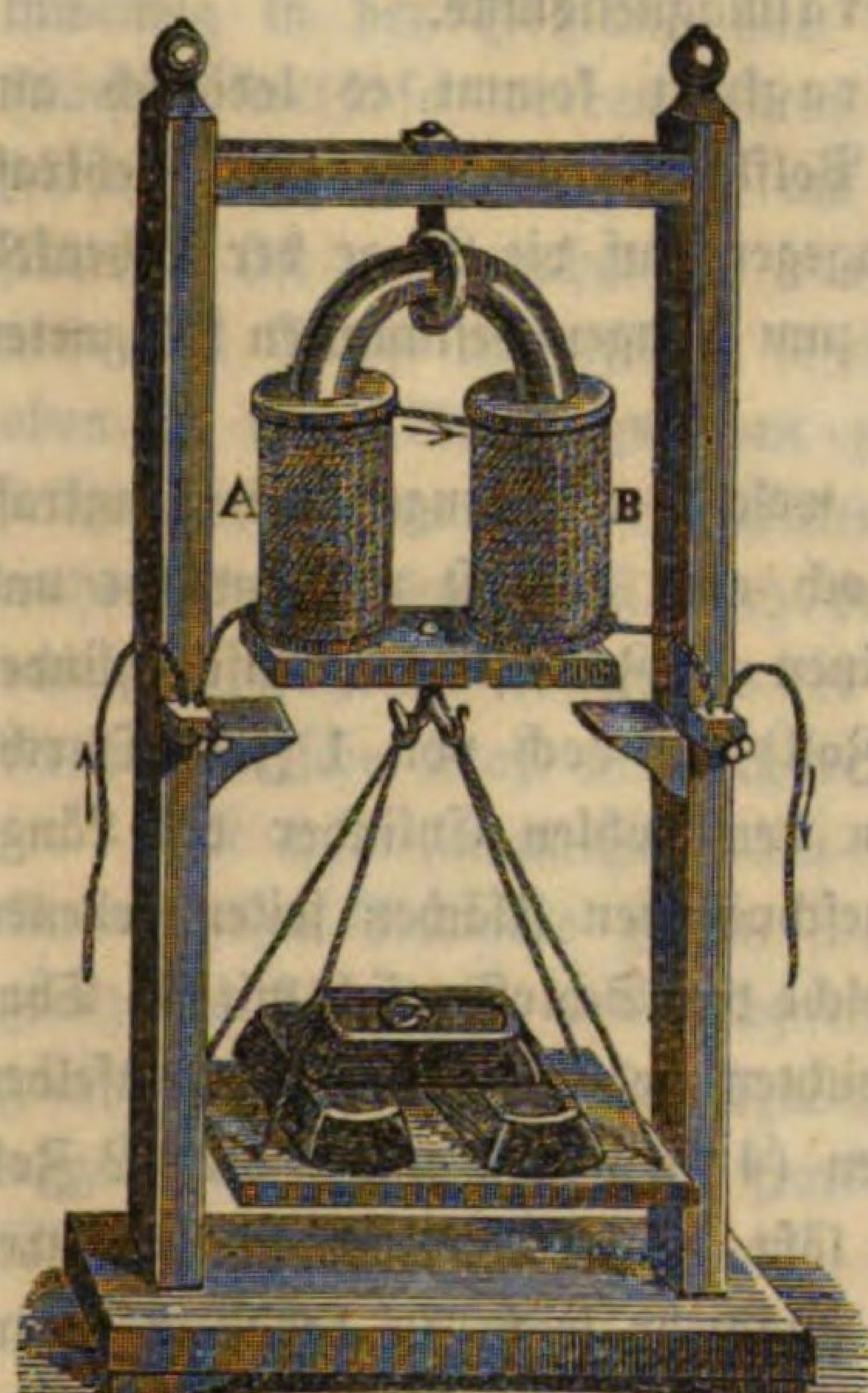
Man läßt sich jetzt Holzringe von 1/6 oder 1/8 Zoll Stärke drehen, welche genau auf die Röhren von Pappe passen und an die beiden äußersten Enden angeleimt werden. Die Höhe der Holzringe richtet sich nach der Zahl der Lagen Draht, welche man über einander legen will und nach der Dicke dieses Drahtes.

Der weiche, gut mit Baumwolle übersponnene, mit Lackfirniß getränkte, überzogene Draht wird nunmehr Ring bei Ring stets in derselben Richtung

auf das Rohr gewickelt, welches man am bequemsten so bewerkstelligt, daß man an den Cylinder, auf dem es geformt ist und der einige Zoll länger sein muß als das Rohr, eine Kurbel anbringt und den Draht so durch Drehung der Kurbel und des Rohres, welches auf den Cylinder geschoben ist, auf das Rohr windet. Ist die unterste Lage beendet, so läßt man die zweite folgen, immer nach derselben Seite drehend und wieder einen Ring an den andern legend, bis man zu Ende ist; darauf läßt man die dritte Lage folgen u. s. f., bis man glaubt, nunmehr der Lagen genug zu haben.

Sind beide Röhren vollständig bewickelt, so bringt man sie auf die Schenkel des Hufeisens und verbindet dann das innere Ende der Spirale *A* mit dem äußeren der Spirale *B*, befestigt den umgebogenen Theil des Hufeisens in einem sehr starken Gestell von Eichenholz, wie es die nebenstehende Fig. 163 zeigt, und führt dann die anderen Enden der Spiraldrähte zu metallenen Klammern, welche, an dem Gestell angebracht, zugleich dienen, um die Zuleitungsdrähte der elektrischen Batterie aufzunehmen.

Fig. 163.



Man sieht, wie der elektrische Strom gehen muß, die Pfeile deuten seine Richtung an.

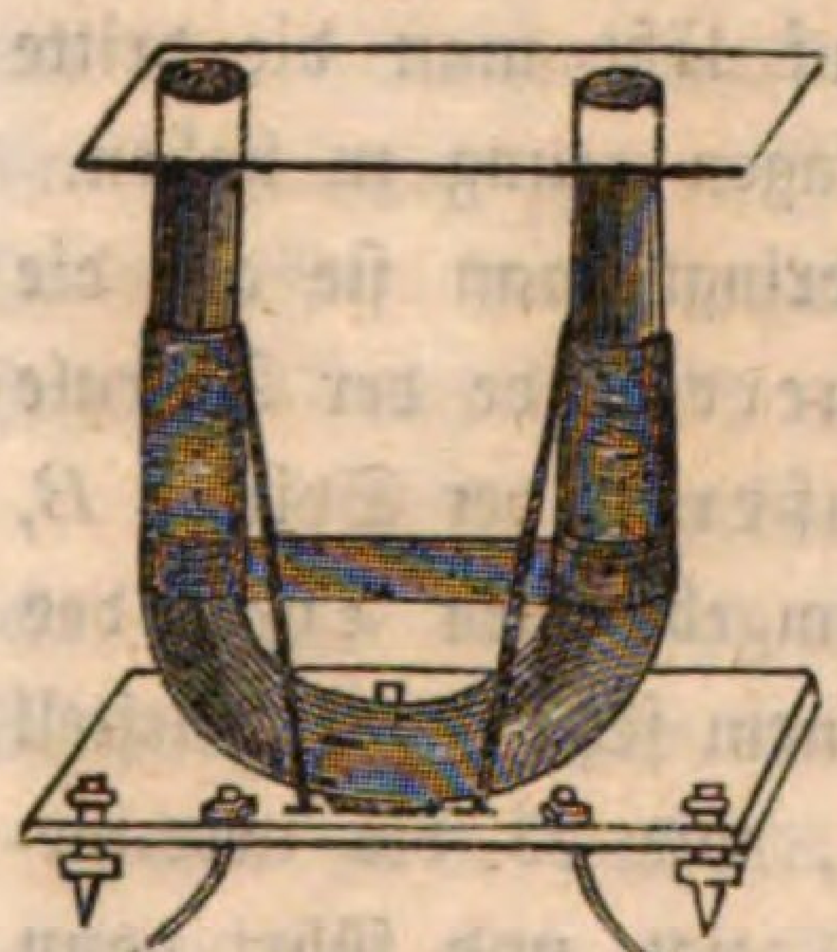
Wenn man nun die Batterie in Thätigkeit setzt, so wird ein vor die freien Pole des Elektromagnets gesetzter Anker ein bedeutendes Gewicht tragen, welches jedoch sofort abfällt, wie man den Strom unterbricht; man will dies haben, theils um bei Vorlesungen zeigen zu können, daß nur der elektrische Strom das wirksame ist, theils um abwechselnd die Kraft und die Unthätigkeit des Magnets benutzen zu können, damit nun der Anker nicht auf die Gewichte falle und seine ebene Fläche so beschädige, sind an beiden Seiten des Holzgestelles Träger befestigt, auf denen der Anker nach dem Abreißen liegen bleibt.

Ist die Drahtmenge groß, so sind um des Leitungswiderstandes willen 4 bis 5 Plattenpaare nöthig, ist der Draht stark ($\frac{1}{12}$ Zoll, wohl gar $\frac{1}{8}$ Zoll) und ist er nicht tausende von Fußen lang, so genügen ein bis zwei Plattenpaare, jedoch von möglichster Ausdehnung, denn je größer die

Platten sind, desto gewaltiger ist die Magnetisirung, sie wächst fast ganz genau mit der Ausdehnung, so daß Plattenpaare von 30 Quadratzoll Oberfläche dreimal so viel wirken als Plattenpaare von 10 Quadratzoll.

Will man den Magnet nicht zum Tragen, sondern zu anderen Versuchen anwenden, so stellt man ihn aufrecht, wie Fig. 164 zeigt. Legt

Fig. 164.



man auf einen solchen z. B. eine Glastafel, so kann man mit außerordentlicher Schönheit die magnetischen Figuren zeigen, welche S. 228 beschrieben sind, nur erhalten sie durch den 100 Mal stärkeren Elektromagnetismus eine ganz andere Ausdehnung, einen ganz anderen Charakter wie durch den Mineralmagnetismus.

Bei der Tragkraft kommt es lediglich auf die Größe der Polflächen an, bei der Ziehkraft aus der Ferne dagegen auf die Länge der Schenkel. Daher hat man bei der Construction von zum Tragen bestimmten Magneten hierauf zu sehen.

Juel hat einen Magnet angegeben, welcher eine ungeheure Tragkraft zeigt, die Art wie er ihn macht, ist jedoch eine äußerst umständliche und daher nicht wohl anwendbar. Durch einen 3 Zoll starken Eisencylinder soll seiner ganzen Länge nach (8 bis 12 Zoll) ein Loch von 1 Zoll Durchmesser gebohrt werden, alsdann soll man den hohlen Cylinder der Länge nach aufschneiden und die aus einander geschnittenen Flächen feilen, ebenen und schleifen ꝛc. Dies ist eine Arbeit, welche der Schlosser sich mit 15 Thalern bezahlen lassen wird. Sehr viel leichter gelangt man zu demselben Ziele, wenn man ein dickes Stück Stabeisen (4 Zoll breit und 8 bis 12 Zoll lang) warm unter dem Hammer krümmen läßt, so daß es einen Halbcylinder giebt. Die langen, flachen Bahnen sind nunmehr leicht zu behobeln, oder, wo man keine Maschinenbau-Anstalt hat, zu feilen und zu schleifen. Der Anker, welcher dazu gehört, muß die Länge und Breite des Magnets haben, überdies aber so stark als möglich sein. Die Fig. 165 giebt hiervon und

Fig. 165.



auch von der Art einen Begriff, wie man diesen halben Cylinder zu einem Magnet machen kann.

Die Kanten an den halbkreisförmigen Seiten werden sorgfältig gerundet, so daß der darum zu wickelnde Draht sich leicht um dieselben biegen läßt. In der Mittellinie der oberen Cylinderfläche bohrt man

drei etwa kleinfingerdicke Löcher und schneidet Schrauben mit sehr starkem Gewinde hinein; ferner läßt man sich eben so starke Haken und zwar sechs Stück schmieden und gleichfalls mit Schrauben versehen, davon drei in diese drei Löcher gebracht werden. Sie dienen, um den Elektromagnet daran anzuhängen, so daß seine unteren geraden Flächen horizontal laufen.

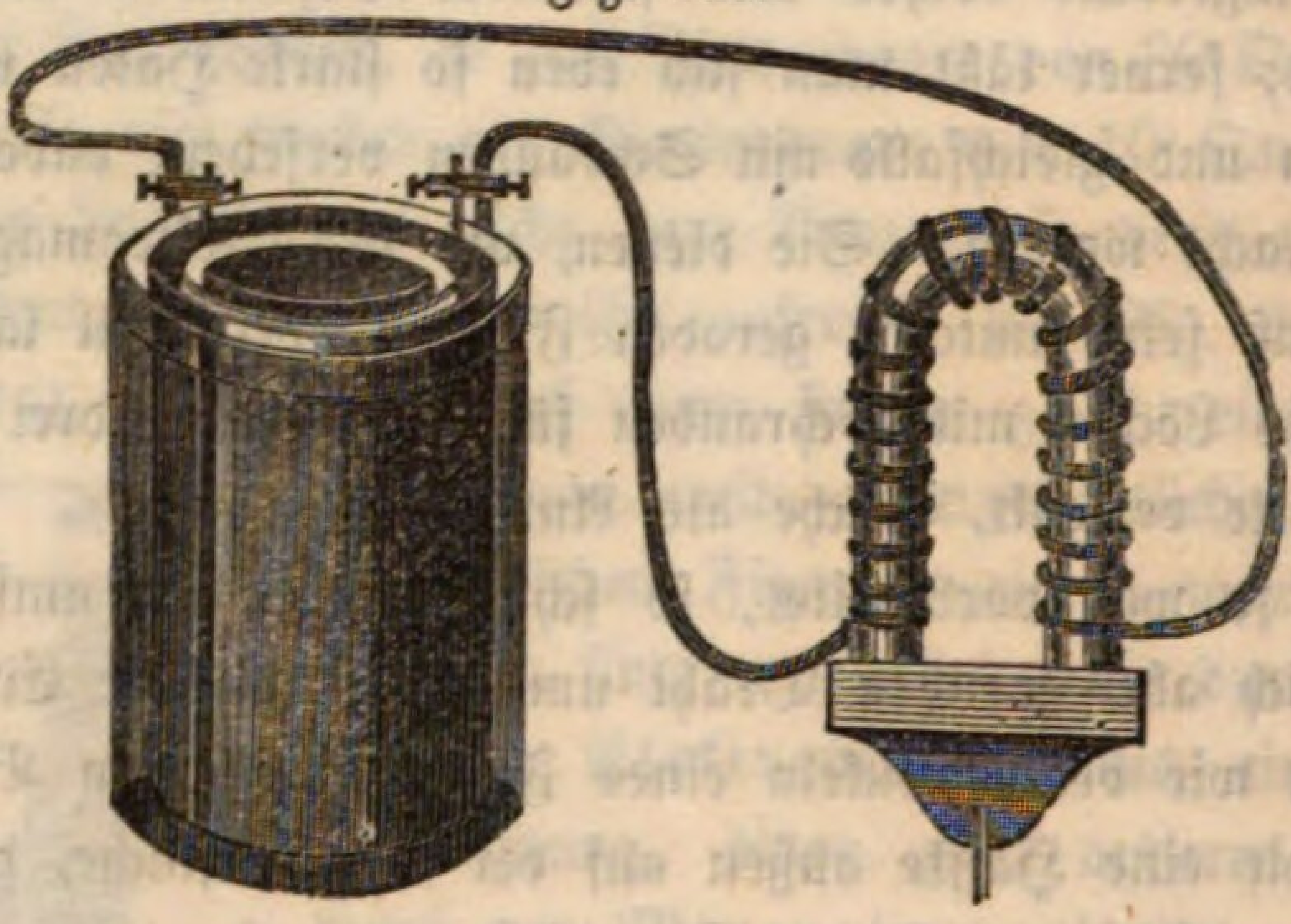
Eben solche Löcher mit Schrauben für die anderen drei Haken werden in die Eisenplatte versenkt, welche als Anker dienen soll.

Ist Alles so weit vorbereitet, so schlingt man den umsponnenen, gefirnißten, an sich aber weichen Draht um das halbrunde Eisenstück, dergestalt, daß man wie beim Wickeln eines Fadens über ein Brett von jeder Umschlingung die eine Hälfte außen auf der Cylinderfläche, die andere aber inwendig in der Höhlung hat. Da diese nur eine etwa 2 Zoll breite Fläche bietet, so werden, wenn die Drähte inwendig genau an einander schließen, sie auswendig doch um die Dicke des Drahtes selbst aus einander stehen. Ist man daher an das Ende gelangt und ist die Höhlung noch nicht mit Draht ausgefüllt, so kann man weiter fortwickeln, indem man oben in jeden Raum zwischen zwei Drähten noch einen Draht legt, denselben aber unten nach der Mitte der Höhlung zu richtet. Man muß aber wohl darauf sehen, daß nach beiden ebenen Flächen hin gleich viel Windungen sowohl der ersten als der zweiten Lage zu liegen kommen, weil sonst die magnetische Kraft ungleich vertheilt wird.

Läßt man nunmehr durch die Drähte den elektrischen Strom eines Grove'schen Elements gehen, so wird man eine an das Erstaunenswürdige grenzende Tragkraft des Magnets erhalten; 20 bis 30 Centner sind nicht genügend, um den Anker abzureißen, bagegen der Anker allein kaum getragen wird, wenn man starkes Kartenpapier zwischen ihn und den Magnet bringt.

Bei allen Elektromagneten, mit denen man nur experimentiren will, um ihre Tragfähigkeit zu zeigen, bei denen also ein Polwechsel unnöthig, ist es gut, die Enden der Drähte an die beiden Platten, welche das Grove'sche Element bilden, zu löthen, dadurch wird die Tragkraft ganz außerordentlich erhöht, je inniger die metallische Verbindung in der ganzen Leitung von einem Pol der Batterie zum andern ist, desto stärker ist die Wirkung. Kann dieses nicht geschehen, weil man die Plattenpaare zu verschiedenen Zwecken brauchen will, so zeigt Fig. 166 (S. 594) die Art der Befestigung des Leitungsdrahtes durch Schrauben an den einzelnen Platten des Elements.

Fig. 166.



Magnetisiren von Stahl.

Um Stahl auf elektromagnetische Weise zu magnetisiren, bedient man sich mehrer Methoden, es geschieht:

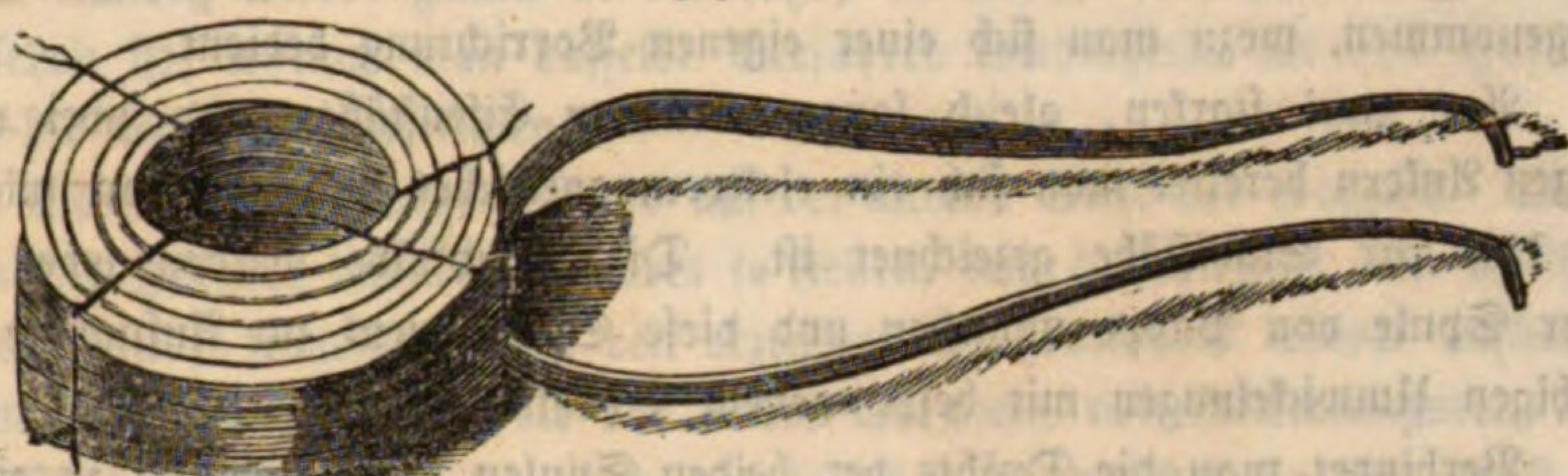
Durch eine Spirale von der Länge des Stabes oder der Schenkel des Hufeisenmagnets, indem man den Stab hineinsteckt und den elektrischen Strom hindurch gehen läßt. Es genügt hierzu das einmalige Schließen und Oeffnen der Kette. Wohl wird man thun, wenn man die Schließung auch hier durch Löthen hervorbringt, die Oeffnung aber nicht dadurch, daß man das Loth zum Schmelzen bringt, sondern dadurch, daß man eine der Platten aus der sie umgebenden Säure hebt.

Durch das Oeffnen der Kette nämlich entsteht, wie beim Schließen, ein elektrischer Schlag, aber ein Rückschlag, so daß der durch Schließung der Kette hervorgebrachte Magnetismus theilweise wieder zerstört wird. Bei dem allmähligen Abnehmen des elektrischen Stromes findet ein Rückschlag nicht statt.

Magnetisirt man auf diese Art ein Hufeisen, so braucht man zwei Spiralen. Diese Methode ist sehr gut, fordert aber viele verschiedene Spiralröhren, weil die Längen und Dicken der Magnete sehr verschieden sind.

Eine zweite Methode wurde durch Elias (einem Mechaniker in Holland) angegeben. Man macht sich eine etwa 1¼ bis 1½ Zoll im Lichten weite Spirale von höchstens 12 Windungen neben einander, bringt aber 4 bis 5 Reihen über einander, so daß die Spirale auf etwa 1 Zoll Breite doch 50 bis 60 Windungen hat. Die Fig. 167 (S. 595) giebt eine Ansicht dieser Anordnung. Die beiden Enden der Spirale (deren Draht natürlich übersponnen ist) verbindet man mit einem starken Plattenpaar, stellt sie aufrecht vor sich hin, so daß man die Oeffnung derselben quer vor sich

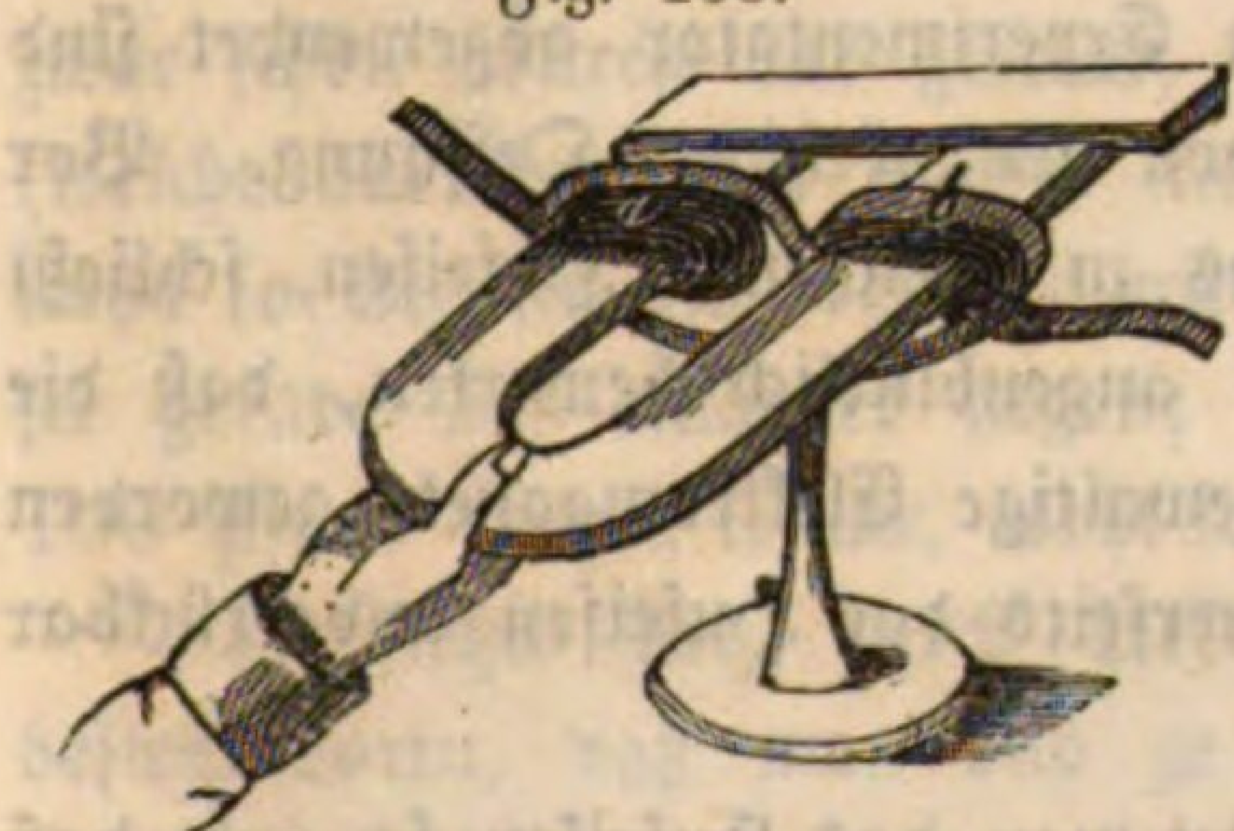
Fig. 167.



liegend hat und da hindurch steckt man den Stahlstab, welcher magnetisirt werden soll, schiebt ihn hindurch, steckt ihn nochmals gerade wie beim ersten Male hindurch und wiederholt dieses fünf bis sechs Mal. Ein Hufeisen magnetisirt man ganz auf dieselbe Art, indem man es mit einem Ende von rechts her in die Spirale steckt und es unter der nöthigen Wendung, die seine Krümmung fordert, auf der linken Seite herauszieht und dies einige Male wiederholt. Sehr gut ist, wenn man nach dem ersten Durchpassiren einen Anker vor das Hufeisen legt und nun das so geschlossene Instrument mit sammt dem Anker einige Male den Weg passiren läßt.

Dr. Böttcher in Frankfurt a. M. hat eine Abänderung dieses Verfahrens nicht sowohl für Stäbe als für Hufeisen erdacht. Sie besteht darin, daß man zwei solche Spiralen nimmt und die fortlaufenden Enden derselben an einander löthet, so daß man eine ∞ bekommt, wie Fig. 168 zeigt. Die anderen Drahtenden (Böttcher nimmt statt des Drahtes flache Kupferstreifen) werden mit dem Plattenpaare verbunden, beide Pole des Hufeisens werden in die beiden Oeffnungen der Spirale gesteckt, nachdem sie hindurch gegangen sind, werden sie durch einen Anker geschlossen und nun schiebt man die Schenkel des Hufeisens gleichzeitig in die Spirale hinein, so lange bis die Biegung es verhindert, dann führt man das Hufeisen zurück bis zum Anker, jedoch ohne diesen dadurch abzulösen; darauf fährt man wieder in die Doppelspirale hinein bis zur Biegung und wiederholt dies sechs bis acht Mal.

Fig. 168.



Böttcher will hiervon eine Erregung des Magnetismus erhalten haben, wie sonst auf keine Art, Elias hingegen wahrte sich gegen diese Behauptung auf echt holländische Weise; dem Anschein nach muß die Böttcher'sche Methode die bessere sein, wenn sie auch nur als eine Erweiterung der Elias'schen betrachtet werden kann.

Eigentliches Streichen wird mittelst eines Elektromagnets gleichfalls vorgenommen, wozu man sich einer eigenen Vorrichtung bedient.

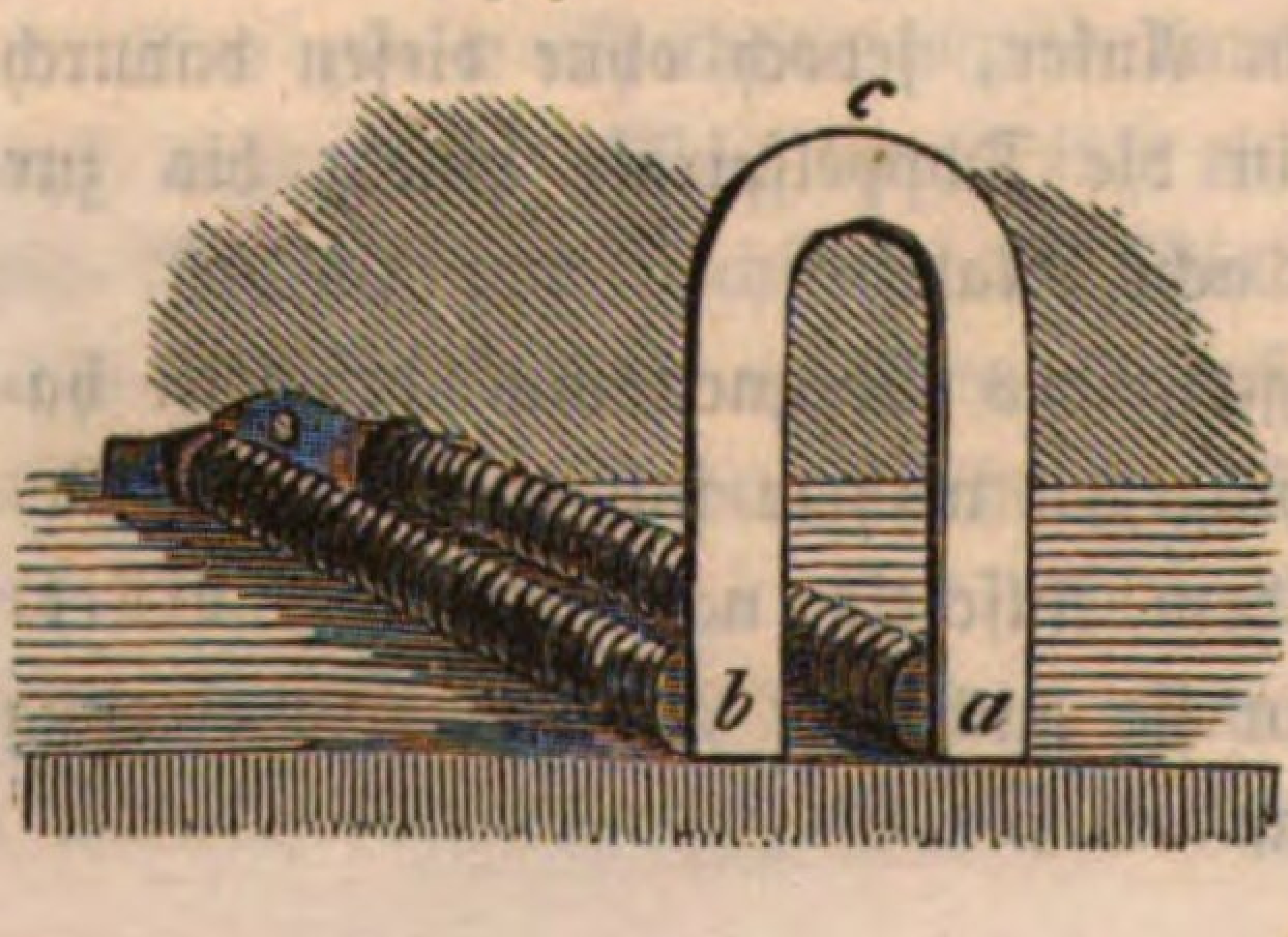
Aus zwei starken, gleich langen, runden Eisenstäben und zwei viereckigen Ankern bereitet man sich ein elektromagnetisches Magazin vor, wie es S. 193 für Stahlstäbe gezeichnet ist. Die Rundstäbe werden jeder mit einer Spule von Pappe umgeben und diese Spule dient zur Aufnahme der nöthigen Umwickelungen mit besponnenem Drahte.

Verbindet man die Drähte der beiden Spulen durch Löthung zu einem und läßt man von den andern Enden den elektrischen Strom zweier Grove-scher Plattenpaare hindurch gehen, so hat man ein elektromagnetisches Magazin, dessen Schenkel nicht wie bei einem Hufeisen in einer gegebenen Entfernung feststehen, sondern sich beliebig nähern und entfernen lassen, deshalb man auch die Anker etwa so lang machen muß als man glaubt, daß der größte Magnet, den man zu streichen bekommen wird, in seinen Schenkeln weit sein dürfte, was jedoch seine Grenzen hat und wohl schwerlich 8 Zoll überschreiten dürfte.

Soll ein Stahlhufeisen gestrichen werden, so legt man die mit ihren Rollen umgebenen Eisenstäbe so weit aus einander als die Schenkel des Hufeisens aus einander stehen, dann befestigt man die Stäbe durch Schraubzwingen in der ihnen gegebenen Lage, bringt den einen der beiden Anker vor die Pole der Stäbe, welche von dem Experimentator abgewendet sind und verbindet sie so zu einem Hufeisen von der nöthigen Oeffnung. Vor die beiden offenen Pole aber legt man das zu streichende Hufeisen, schließt nunmehr die elektrische Batterie und wird augenblicklich bemerken, daß die vorhin ganz indifferenten Eisenstäbe jetzt gewaltige Elektromagnete geworden sind, indem sie einerseits den Anker, andererseits das Hufeisen unverrückbar festhalten.

Um das Streichen vorzunehmen, richtet man das Hufeisen so auf, daß es zwar mit seinen Polen an denen des Elektromagnets hängen bleibt, aber mit den liegenden Stäben doch einen rechten Winkel bildet, wie die nebenstehende Fig. 169 zeigt. Man schiebt nunmehr den Stahl längs der Pole des Elektromagnets herab, so daß die Seite ac des Hufeisens immer an den Pol a des Elektromagnets gedrückt bleibt und die Seite bc immer an b, zieht aber, wenn die Krümmung c unten an den Polen angelangt ist, das Hufeisen ganz herunter und bringt es durch

Fig. 169.



einen Umweg wieder genau in die Lage, in welcher es auf der Zeichnung zu sehen ist, worauf man dasselbe Verfahren wiederholt, bis das Hufeisen drei bis vier Mal gestrichen ist.

Man thut nunmehr dasselbe auf der andern Seite des Stahles. Wollte man das Hufeisen dann aber wieder so stellen, wie es jetzt steht, nur die Pole verwechselnd, so würde man den erzeugten Magnetismus wieder aufheben. Man läßt demnach die Pole der beiden Magnete, des Elektromagneten und des Stahlmagneten, in der Lage an einander, in welcher sie sich zuerst befanden, neigt nunmehr das Stahlhufeisen, bis es horizontal liegt und dann immer weiter, bis es unter die Tischplatte hinab hängt und nun, während dieselben Pole der beiden Magnete wie am Anfange sich berühren, zieht man den Stahl von unten nach oben gerade so wie vorher, umgekehrt. Auch hier, wenn die Biegung den Elektromagnet erreicht hat, zieht man den Stahl ganz von demselben ab, bringt ihn durch einen Umweg wieder an die Pole und wiederholt dies Verfahren drei bis vier Mal.

Der Stahlmagnet ist auf diese Art sechs bis acht Mal gestrichen und wird eine große Kraft gewonnen haben; allerdings ist aber nöthig, daß die Fläche des Stahles rein und geschliffen sei. Will man es nicht wie die Mechaniker machen, sondern wie die Fabrikanten von magneto-elektrischen Rotationsapparaten, welche die Außenseiten ihrer magnetischen Magazine zwar schön poliren und glätten, die inneren auf einander liegenden Flächen (welche allerdings der Käufer nie zu sehen bekommt) aber roh lassen, beinahe so wie sie aus der Schmiede kommen und nur so weit bestoßen, daß sie gerade auf einander liegen; so wird man von einem Magnet, der 100 Pfund tragen könnte, wohl kaum eine Tragkraft von 20 Pfund erlangen.

Die letzte Art, durch Elektromagnetismus Stahlmagnete zu machen, besteht darin, daß man das zu streichende Hufeisen mit seinen Polen an die des Elektromagnets legt und es horizontal hält, so wie die Eisenstäbe liegen, dann aber das zweite Stück Eisen, welches als Anker dient, auf das Stahlhufeisen querüber setzt und mit demselben, während es auf beiden Schenkeln liegt, von den Polen rückwärts streicht. Hier zieht man es über die Biegung hinaus und bringt es durch einen Umweg wieder auf die Pole des Stahles, das Streichen gerade wie vorher wiederholend. Hat man dieses etwa auch noch zum dritten Male gethan, so legt man den Anker nicht mehr auf, sondern unter das Hufeisen und streicht so abermals drei Mal von den Polen zur Biegung zurück, legt nun schließlich denjenigen Anker, welcher zu diesem Hufeisen gemacht ist, an die Pole desselben an und streift sie nunmehr von dem Elektromagnet ab, worauf man leicht die

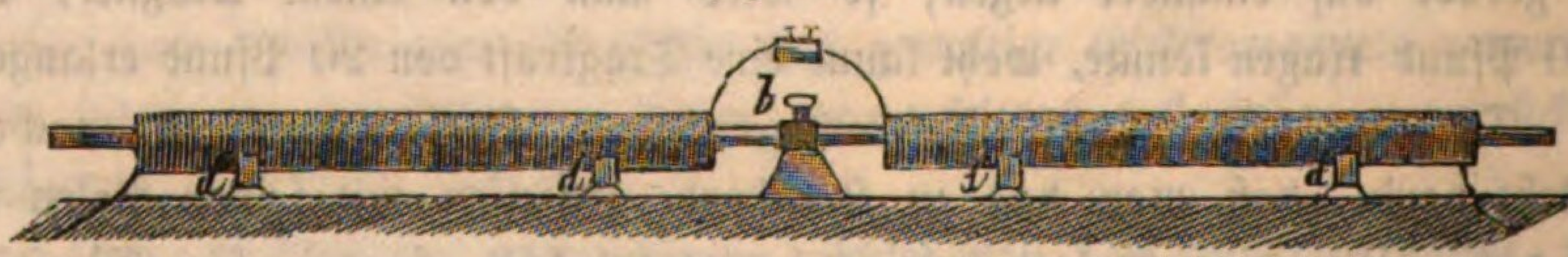
größte Kraft erzielt haben dürfte, welche ein gegebener Stahlmagnet erhalten kann.

Da der Elektromagnet dem Experimentator den Anker beinahe aus der Hand reißt, so ist ein praktischer Handgriff diesem vorzubeugen, nicht ganz unnöthig, um so weniger als das Abnehmen des Ankers von dem Elektromagnet wirklich seine Schwierigkeiten hat und selten gelingt, ohne daß man die elektrische Leitung unterbricht. Dieser besteht darin, den Anker nicht zur Berührung mit dem Elektromagnet kommen zu lassen, indem man in ein Stück Pappe von etwa $\frac{1}{12}$ Zoll Dicke zwei Löcher schneidet, welche die Pole des Stahlhufeisens durchlassen, so daß diese ungehindert mit dem Elektromagnet in Berührung kommen, dann aber die Pappe bis an den Elektromagnet schiebt, wodurch wohl gestattet wird, daß das Stahlhufeisen, aber nicht der streichende Anker ihn berühre. So ist es immer leicht, den Anker zu handhaben.

Elektromagnetische Töne.

Man hat seit Cartesius geglaubt, behauptet, bestritten, daß der Magnetismus schon im Eisen und im Stahle vorhanden wäre und daß Magnetisiren nichts weiter heiße als die unregelmäßig durch einander liegenden magnetischen Theile des Eisens regelmäßig ordnen und hat sich nur gefragt, wie können die Theile des Eisens aber bewegt werden? Das „Wie" ist allerdings noch nicht entdeckt, die Bewegung aber ist nicht mehr zu läugnen, steht fest, seitdem Wertheim das Tönen von Eisenstäben durch

Fig. 170.

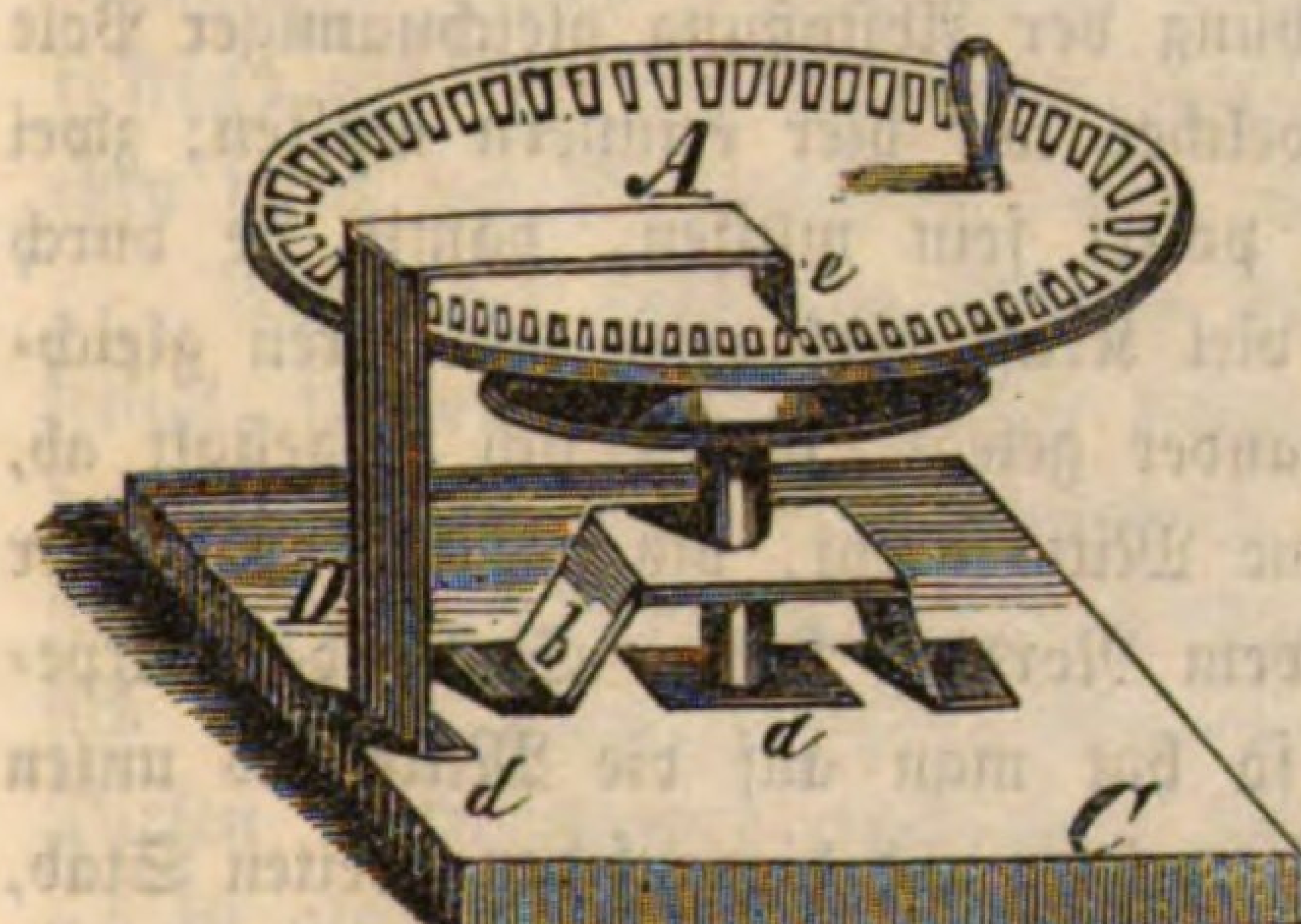


den elektrischen, magnetisirenden Strom nachgewiesen hat. Die vollendete Anordnung, welche wohl erst nach vielfältigen Versuchen gefunden worden ist, zeigt Fig. 170. Man sieht daselbst einen in der Mitte seiner Längenausdehnung bei *b* auf einem Klötzchen befestigten Eisenstab, auf welchem zwei hohle Röhren, beträchtlich weiter als der Stab dick ist, gesteckt sind, so daß sie denselben nirgends berühren, deshalb ruhen sie auf den Unterlagen *dd* des Brettes oder Gestelles, welches den ganzen Apparat trägt. Die Röhren von Pappe oder von Holz sind mit besponnenem Draht umwickelt, die beiden Enden in der Mitte sind durch eine Schraubzwinge verbunden, so daß beide Spiralen nur einen fortlaufenden Draht haben, die äußeren Enden kommen mit zwei oder drei Grove'schen Elementen in

Verbindung. Nun ist höchst merkwürdig, daß, so oft der galvanische Strom auftritt und so oft er unterbrochen wird, der frei in den beiden Spiralen schwebende Eisenstab tönt, als würde er mit einem feuchten Lappen gerieben. Man hat die Versuche gemacht mit Stäben von sehr verschiedenen Größen, von ¼ bis 1½ Zoll Dicke und ½ bis 20 Fuß Länge und hat das Tönen jederzeit und immer dem sogenannten Longitudinalton entsprechend gefunden und zwar um so anhaltender und deutlicher, je öfter und je schneller die Unterbrechungen des Stromes auf einander folgten.

Um dieses Apparates willen hat man einen anderen, beinahe vergessenen wieder hervorgeholt; es ist das von Neeff erfundene Blitzrad unvergleichlich, wo es auf schnelles Schließen und Oeffnen einer galvanischen Kette ankommt. Wir sehen dasselbe in Fig. 171 dargestellt. *CdD* ist ein Brett, in dessen Mitte über einer Vertiefung *a* ein messingner Bock *b* steht, welcher die metallene Axe der Kupferscheibe *A* trägt. Diese Scheibe ist rundum an ihrem Rande mit schmalen Vertiefungen versehen, in welche Elfenbeinstückchen eingesetzt sind. *DAe* ist eine Metallfeder, welche bei *e* den durchbrochenen Rand der Scheibe berührt. Wenn man nun eine galvanische Kette einerseits mit der Feder *D*, andererseits mit der Höhlung *a* verbindet (in welcher etwas Quecksilber befindlich, wodurch das untere Ende der Axe den galvanischen Strom aufnimmt), so kann man mit außerordentlicher Schnelligkeit die Verbindung schließen und öffnen. Steht die Spitze der Feder *AD* bei *e* auf dem Kupfer des Rades, so ist die Kette geschlossen, steht aber diese Spitze auf einem Elfenbeinklötzchen, so ist sie geöffnet. Da man nun mittelst des Handgriffes die Scheibe in einer Secunde vier Mal um seine Axe drehen, das Rad aber hundert Elfenbeinstückchen haben kann, so wird durch rasches Drehen in einer Secunde der Strom 400 Mal geschlossen und eben so oft unterbrochen.

Fig. 171.



Unter der Mithülfe dieses Neeff'schen Rades tönt ein Stab von 4 Fuß Länge so kräftig, daß ein ganzes Auditorium ihn hören kann. Es findet also bei dem Magnetisiren und Entmagnetisiren eine Reihe von Verlängerungen und Verkürzungen statt, welche deutlich fühlbar und hörbar, sehr schwer aber meßbar sind; nach Joules Angaben ist der magnetisirte Stahlstab durch das Magnetisiren, d. h. durch das Ordnen seiner Theile

ein 270,000stel seiner Länge gestreckt worden. Wie dem auch sei, es findet durch das Magnetisiren ein Verschieben und Verrücken der Theile des Stabes gegen einander statt, sonst würde er nicht tönen. Ein Stab, der nicht magnetisirbar ist, z. B. Messing oder Glas statt des Eisens, tönt auch nicht, Stahl dagegen sehr schön.

Elektromagnetische Maschinen.

Hat der Verfasser in dem Vorhergehenden gezeigt, daß und wie man starke Elektromagnete machen könne, so liegt ihm nunmehr noch ob, zu zeigen, wie man durch den Elektromagnetismus Maschinen zu bewegen im Stande sei.

S. 225 findet sich bei Besprechung der Abstoßung gleichnamiger Pole eines Magnets ein Experiment, an welches wir hier erinnern müssen; zwei kräftige Magnetstäbe (welche jedoch polirt sein müssen, damit sie durch Ueberwindung der Reibung nicht zu viel Kraft verlieren) mit ihren gleichnamigen (feindlichen) Polen auf einander gelegt, stoßen sich dergestalt ab, daß der obere sich horizontal um seine Mitte dreht, bis der Nordpol über dem Südpol und der Südpol über dem Nordpol steht. Sollte das Experiment nicht gleich gelingen wollen, so hat man auf die Mitte des unten liegenden Stabes nur eine kleine Silbermünze und hierauf den zweiten Stab, der sich bewegen soll, zu legen, um die Abstoßung der sich zunächst liegenden Pole zu bekunden, welche, sobald der bewegliche Stab mit dem unten liegenden einen rechten Winkel macht, in die Anziehung der sich nunmehr näher liegenden Pole (der freundschaftlichen) übergeht.

Man sieht leicht, daß die Kraft, welche der Magnet hier äußert, möglicher Weise benutzt werden könne, wenn man z. B. die Reibung noch vermindert, die Stärke der Magnete erhöht u. dergl. m., aber man sieht auch, daß nach einer halben Umdrehung des Stabes um seine Axe die Ursache der Bewegung zu wirken aufhört; die freundschaftlichen Pole der beiden Magnetstäbe befinden sich jetzt in größter Nähe, ein Weiteres ist nicht zu erzielen, wenn man die freundschaftlichen Pole nicht in feindliche verwandeln kann; dies ist aber durch den Elektromagnetismus möglich.

Statt zweier Stahlmagnete nimmt man einen Stab von Eisen, macht ihn durch eine umgelegte Spirale zum Elektromagnet, bringt einen beweglichen Stahlmagnet darüber an und läßt nunmehr den elektrischen Strom durch die Spirale, zugleich aber durch einen Stromwender, ein Gyrotrop gehen. Man legt den Magnetstab parallel mit dem Elektromagnet auf seine

Axe, giebt durch die Stellung des Gyrotrops dem Elektromagnet feindliche Polarität und wird sehen, daß der Stahlmagnet entflieht.

So wie derselbe eine halbe Wendung gemacht hat, wendet man auch den Gyrotrop; dadurch ist der Elektromagnet umgekehrt, statt der Anziehung folgt Abstoßung auf beiden Enden und der bewegliche Stahlmagnet setzt seine Reise fort. In dem Augenblick, daß er wieder eine halbe Umdrehung gemacht hat, legt man den Stromwender zurück und der Magnet, von neuem abgestoßen, geht weiter.

Man nimmt übrigens bald wahr, daß die erzielte Kraft in keinem richtigen Verhältniß zu der aufgewendeten Mühe steht, man braucht immer einen Menschen, der zur rechten Zeit den Gyrotrop umkehrt und dieser könnte, als Tagelöhner eine Maschine drehend, viel tausendmal mehr leisten. Vielleicht aber giebt es ein Mittel, dieses lebendige Zwischenglied entbehrlich zu machen; dieses Mittel besteht darin, daß man den Stahlmagnet befestigt und den Elektromagnet beweglich macht, den Stromwechsel aber eben durch die Beweglichkeit dieses Elektromagnets einleitet.

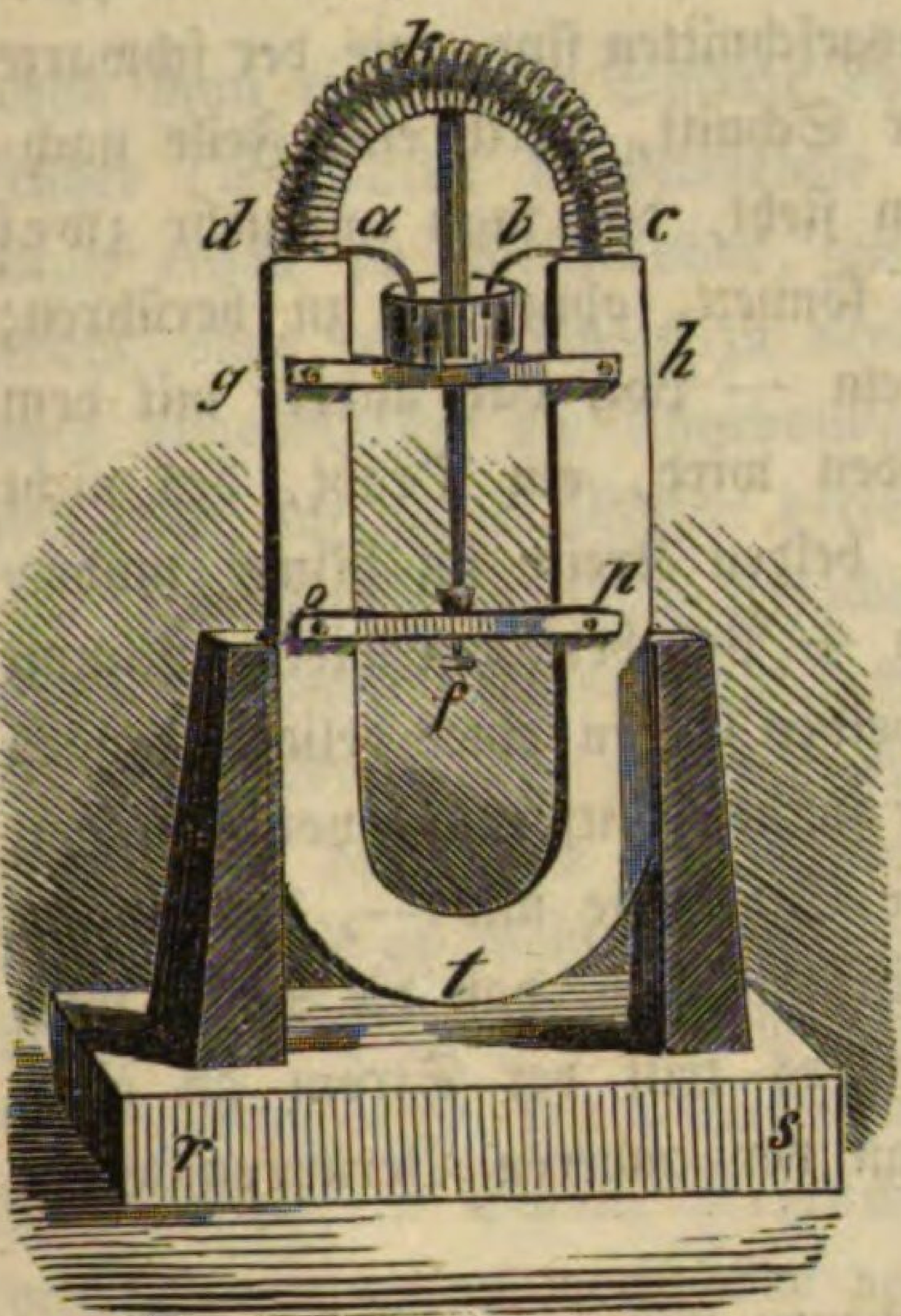
Auf einer hölzernen Scheibe werden zwei Halbkreise von Kupfer befestigt, so daß sie einen ganzen Kreis bilden, nur in solcher Art, daß die beiden geraden Linien der Halbkreise etwa um $\frac{1}{12}$ Zoll von einander abstehen. Im Mittelpunkte des Kreises befindet sich ein Stift, auf welchem sich der horizontal liegende Elektromagnet als um seine Axe drehen soll. Diesen Elektromagnet muß man sich denken, wie die Spirale Fig. 158; *ab* ist alsdann ein mit einem Papprohr umgebener Eisenstab, auf welchem die Spirale aufgewickelt ist. Die Enden des sie bildenden Drahtes *d* und *c* gehen wie in der Zeichnung nach der Mitte zu, sind an dem Holzrohr festgebunden (doch so, daß sie keinen Ring der Spirale metallisch berühren) und ihre letzten Spitzen streifen auf den beiden Halbkreisen, so daß immer das Ende *c* auf einem, das Ende *d* gleichzeitig auf dem andern Halbkreise ruht. Wenn man den Stab um seinen Stift dreht, so müssen beide Enden ganz gleichzeitig die Halbkreise verlassen und auf die entgegengesetzten überspringen. Damit hier keine zu große Reibung eintrete, so ist es rathsam, die von der Spirale senkrecht herab und auf die beiden Kupferplatten reichenden Drahtenden dünn zu feilen und dann von einem Klempner platt und federnd schlagen zu lassen, wodurch sie bei innigerer Berührung mit den Kupferplatten doch nicht so stark drücken als dicke Stifte thun würden.

Dicht über dem beweglichen Elektromagnet wird ein gleich langer Stahlmagnet befestigt, doch so, daß er der Drehung des anderen nicht hinderlich ist. Die Scheibe mit den kupfernen Halbkreisen muß auch, doch so schwer beweglich, d. h. drehbar sein, daß sie nur einem ziemlich starken

Drucke der Hand nachgiebt. Jeder der beiden Halbkreise steht durch einen daran gelötheten Kupferstreifen oder Draht mittelst Klemmschrauben in Verbindung mit einem Pole einer großplattigen Batterie. Bevor die Verbindung gemacht ist, stellt man die Kupferscheibe so, daß die beiden Stifte der Spirale des Elektromagnets die Scheibe gleichzeitig verlassen und mit den gegenüberstehenden verwechseln, gerade in dem Augenblick, wo der Elektromagnet ganz genau unter dem Stahlmagnet und parallel mit diesem steht. So wie der erste um das mindeste gerückt wird, berühren seine Drahtspitzen die beiden Kupferscheiben und bringen die elektrische Strömung in Gang, wenn man mittelst der Klemmschrauben die Platten und die Pole der Säule verbindet. Es wird auch sofort der Magnetismus der Spirale und des darin befindlichen Eisenstabes sich auf sehr deutliche Art fühlbar machen, er wird den Eisenstab von den feindlichen Polen des Magnets entfernen und sie bis zu den entgegengesetzten treiben; nun wird aber, weil der Elektromagnet einmal im Schwunge ist, er auch noch laufen, wenn die Stifte die Platten verlassen haben, das dauert aber nur einen untheilbaren Zeitmoment, denn die federnden Stiftchen haben nur die Breite einer Linie zu durchlaufen, um auf das entgegengesetzte Gebiet zu kommen und die Pole zu verwechseln; dadurch wie durch die Umkehrung des Gyrotrops wird die bisherige Anziehung in Abstoßung verwandelt und hierdurch bekommt der bewegliche Eisenstab einen neuen Impuls, der nach einer Viertelswendung abermals erneuert wird, weil da die Abstoßung der sich von einander entfernenden Pole sich in eine Anziehung zwischen denjenigen verwandelt, die sich einander nähern, was mit jedem Hundertstheil einer Secunde zunimmt, wodurch die Bewegung in jedem Augenblicke beschleunigt wird, bis die Pole des beweglichen Magnets über den freundschaftlichen des festen stehen und in diesem Augenblick wieder die Verwandlung der Polarität eintritt, die bis dahin freundschaftlichen Pole feindliche werden und die daher rührende Abstoßung den Elektromagnet weiter führt.

Statt zweier gerader Stäbe kann man zwei gekrümmte nehmen, also Hufeisen, wie Fig. 172 zeigt, und man wird, da die Pole bei Hufeisen immer stärker, auch näher beisammen sind, eine noch bessere Maschine bekommen. Die Fig. 172 auf der folgenden Seite erklärt sich nach dem bisher Gesagten eigentlich von selbst. *NS* ist ein Hufeisenmagnet, so stark man ihn eben hat, derselbe steht auf einem starken festen Brette *rs*, welches ihm als Fußgestell dient; *dkc* ist der Elektromagnet, welcher auf der Spitze *kf* ruht, die wiederum von der Schraube *f* in dem Querholz *op* getragen wird. Das obere Querholz *gh* trägt die beiden Kupferscheiben, auf denen die

Fig. 172.



Drahtenden des Elektromagnets ab schleifen. Statt der Scheibe kann man auch ein kreisförmiges Näpfchen von Holz nehmen, welches man durch einen Querstab von Holz oder Knochen in zwei Halbkreise theilt, die mit Quecksilber gefüllt werden, so daß dasselbe ein wenig höher steht als das theilende Querstäbchen. Die Drahtenden a und b streifen dann gerade das Quecksilber, während sie das Querholz nicht berühren und es findet eine bessere Verbindung zwischen den Polen der Batterie statt, wodurch der Magnet natürlicher Weise auch stärker magnetisirt wird; allein es läßt sich diese Einrichtung nicht anders als für die horizontale Drehung auf senkrecht stehender Axe anwenden. Bei jeder anderen Lage des Instrumentes verbietet sie sich von selbst, indeß die Kupferscheibe oben, unten oder an der Seite angebracht werden kann, was denn schon eine große Bequemlichkeit ist.

Will man mehr als einen Elektromagnet anwenden, so kann man auch dieses sehr leicht bewerkstelligen und es kommt dann vorzugsweise auf den Schließungs-Apparat an. Fig. 173 stellt einen solchen für sechsmaligen Polwechsel und Fig. 174 einen für zwölfmaligen Polwechsel bei einer Umdrehung dar; es sind demnach bei dem ersten entweder drei Hufeisen anzuwenden, deren sechs Pole wie die sechs äußersten Ecken der Fig. 173 in einem Kreise gleich weit von einander abstehen, oder man wendet sechs Hufeisen an, welche dann stehen wie die sechs geraden Striche, die von dem äußeren nach dem inneren gehen. Dasselbe gilt für Fig. 174, welche einen zwölfmaligen Polwechsel veranlaßt und wo man entweder sechs oder zwölf elektromagnetische Hufeisen, mit eben so vielen feststehenden zu einer Maschine vereinigen kann. Der Verfasser hat beide Apparate in ziemlich großen Modellen ausgeführt, aber auch bei beiden gefunden, daß ihre Wirkung dem Aufwande keineswegs entspricht.

Fig. 173.



Fig. 174.



Die Schließungs-Apparate selbst müssen noch mit einigen Worten näher

beleuchtet werden. Beide stellen kreisförmige Scheiben von starkem Kupferblech vor, welche mit einer Laubsäge so ausgeschnitten sind, wie der schwarze drei- oder sechsstrahlige Stern zeigt. Der Schnitt, durch eine Feile nachgebessert, muß eine Linie breit sein. Man sieht, daß man nunmehr zwei Stücke Kupfer hat, die in einander liegen können, ohne sich zu berühren; man sieht auch, daß wenn das eine mit dem — Pol, das andere mit dem + Pol einer galvanischen Batterie verbunden wird, ein Draht, der nicht gerade an der äußersten Kante einer der beiden Kreise im Ringe umherstreicht, abwechselnd bald den —, bald den + Pol berühren wird. Nimmt man aber nicht einen Draht, sondern die beiden Enden eines beliebig langen Drahtes und hält man jedes Ende in einer solchen Entfernung von einander, beide auf eine der Scheiben, daß das eine Ende eine mit —, das andere eine mit + bezeichnete Stelle berührt, so ist natürlich, daß die Säule nunmehr durch den Draht geschlossen ist, denn es tritt der Strom an einer Berührungsstelle in den Draht ein und an der anderen Berührungsstelle aus dem Drahte aus.

Hält man die Drahtenden in der gegebenen Entfernung fest und dreht man alsdann die Kupferscheiben unter denselben herum, so ist begreiflich, daß bei jeder 1/6 oder 1/12 Umdrehung in dem Drahte ein Stromwechsel eintritt, denn falls zuerst das rechte Ende den inneren mit — bezeichneten Theil, das linke aber den mit + bezeichneten berührt hat, so kommt bei 1/6 Umdrehung (beziehungsweise schon bei 1/12) das rechte Ende auf + zu stehen und das linke auf — und so geht das Vertauschen der Stromrichtung, in Folge dessen auch das Verwechseln der Polarität der Elektromagneten in rascher Aufeinanderfolge vor sich.

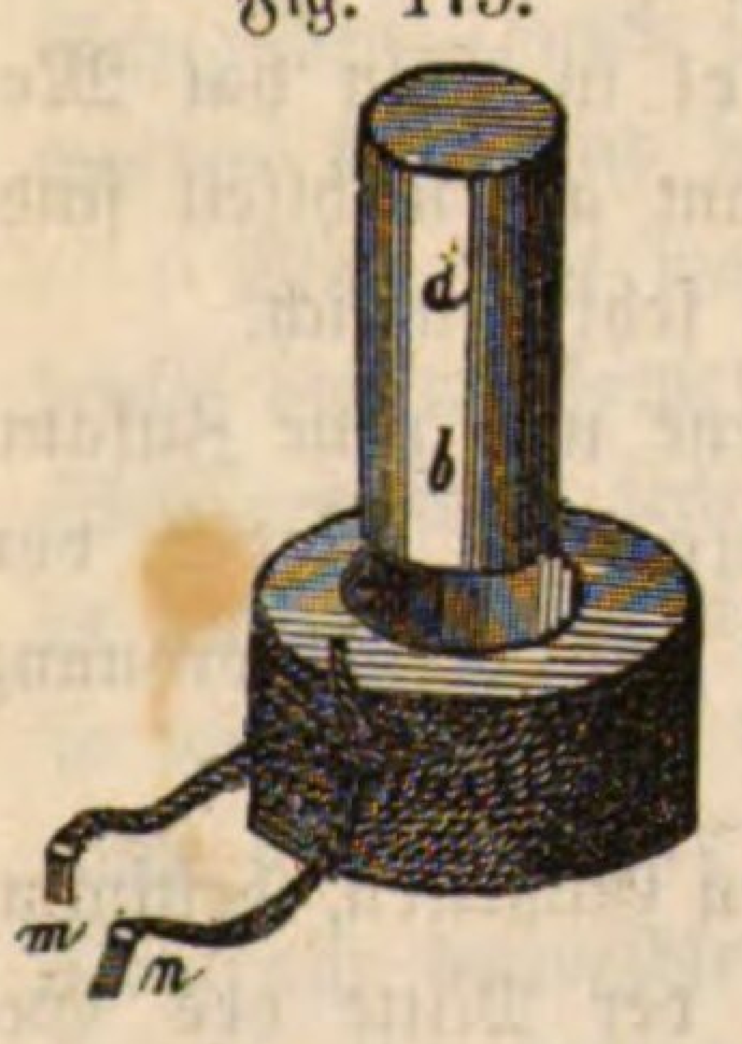
Man schreibt die geringfügige Wirkung dieser Apparate dem Umstande zu, daß die Eisenstäbe, welche die Elektromagnete bilden, ihre Polarität nicht so schnell wechseln, wenigstens nicht vollkommen und nicht so wechseln, daß nicht noch von dem früheren Magnetismus etwas darin bliebe, was den neu erregten schwächt, und auf diese Ansicht gestützt, hat Störer in Leipzig einen sehr kostbaren Apparat erfunden, welcher ohne Eisen, in dem die Pole wechselnden Theile des Apparats diesem Uebelstande abhelfen soll. Ein sich drehender Elektromagnet, der jedoch seine Polarität behält, schwingt in einem großen Multiplicator, der bei jeder Umdrehung des Elektromagnets seine Polarität wechselt. Es findet auch Drehung statt, aber sie ist, wie begreiflich, noch viel schwächer als bei Apparaten, welche Eisen in den stromwechselnden Spiralen enthalten, denn erst das Eisen giebt ja den Elektromagnet, wenn schon der elektrische Strom ihn macht.

Von der Richtigkeit dieser Ansicht kann man sich sehr leicht überzeugen,

wenn man eine bloße Spirale ohne Eisen elektrisirt und über ihr die schon früher (S. 226) beschriebenen magnetischen Figuren zu erzeugen sucht. Man erhält sie zweifelsohne, allein in sehr geringem Grade; steckt man jedoch, ohne irgend etwas zu verändern, einen Eisenstab in die Spirale, so wird augenblicklich die Anordnung und Anhäufung der Eisenfeile so mächtig sein, daß sich ganze Massen derselben an den Polen zeigen.

Die vorhin berührte Ursache, der im Eisen nicht schnell genug eintretende Polwechsel bei dem rasch eintretenden Stromwechsel, ist auch keineswegs der Grund der geringen Wirkung elektromagnetischer Maschinen, sondern es ist dies, wie bereits bemerkt, die geringe Wirkung auf die Ferne. Uebrigens ist es wohl möglich, daß durch fortwährendes Forschen in dieser Richtung doch noch das Rechte gefunden werde; wenn schon Wagner mit seiner Locomotive, durch Elektromagnetismus bewegt, noch sehr wenig erzielt, so hat doch ein Schotte Rittechie schon eine von vier Pferdekraft erbaut, vielleicht gelingt es noch, eine von 40 Pferdekraft zu bauen; man muß an nichts verzweifeln, die Welt und das Wissen ist im unaufhaltsamen Fortschritt begriffen. Wer hätte sich vor 50 Jahren von den Dampfschiffen, welche jetzt alle Meere durchfurchen, wer hätte sich von dem Netz von Eisenbahnen träumen lassen, welches gegenwärtig Deutschland, Frankreich, England und Amerika überzieht; wer hätte noch vor 10 Jahren geglaubt, daß man den Spitzbuben, der auf der Eisenbahn entfliegt, durch den elektrischen Strom einholen würde. Darum nur vorwärts und nicht nachlassen im Forschen und Versuchen!

Fig. 175.

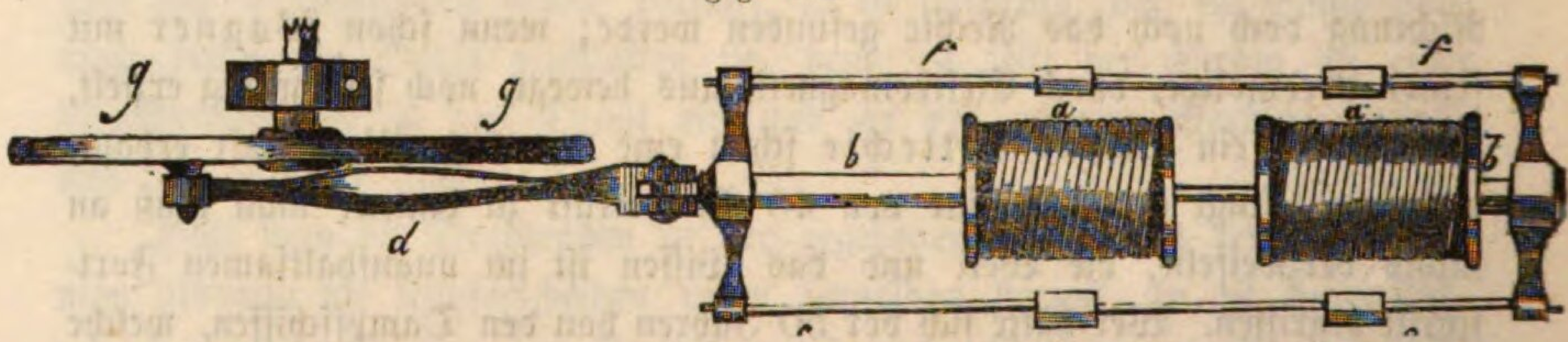


Wenn man eine hölzerne Rolle, wie sie für einen Elektromagnet bestimmt ist (s. S. 590), mit einem Spiraldraht umwickelt, den elektrischen Strom durch die Enden *mn* hindurch gehen läßt und dabei prüft, wie er die Spirale magnetisirt, also z. B. findet, daß von der senkrecht gehaltenen Spirale das obere Ende der Nordpol ist, so wird ein von oben mit dem Südpol in die Röhre hinein gesteckter Magnet *ab* fühlbar hinein gezogen und wenn er bis über die Mitte gekommen ist, darin so fest gehalten werden, daß er auf der anderen Seite nicht hindurch fällt, er wird frei in der Luft schweben bleiben, wie die Fabel von Mahomet's Sarge sagt.

Ist die Spirale vielfach umwickelt, so trägt sie einen 5 bis 6 Pfund schweren Magnet; ein Amerikaner Page soll es so weit gebracht haben, daß sie centnerweise trug (natürlich nur Magnete, aber auch Elektromagnete). Hier wäre also schon ein Fingerzeig zu einer Maschinen bewegenden Kraft,

auch hat der Amerikaner selbst sie benutzt und soll bereits Bedeutendes erlangt haben. In wie weit dieses wahr ist (da von Nordamerika Lügen ausgehen, wie Münchhausen sie nie erdacht), muß die Zeit lehren; die in Europa nachgemachten haben solche Resultate nicht geliefert, doch ist es wohl der Mühe werth, sich das Princip derselben wenigstens zu vergegenwärtigen. Fig. 176 zeigt zwei ziemlich lange Drahtrollen, durch welche hindurch zwei runde Magnetstäbe, leicht beweglich und ohne zu streifen, gehen. In der Mitte sind dieselben durch einen Messingstab von geringer Dicke, wie die Magnete verbunden, damit jede Spirale auf ihren Magnet für sich wirken kann. In Fig. 176 ist die Uebertragung der Bewegung gezeigt. *a* und *a*

Fig. 176.

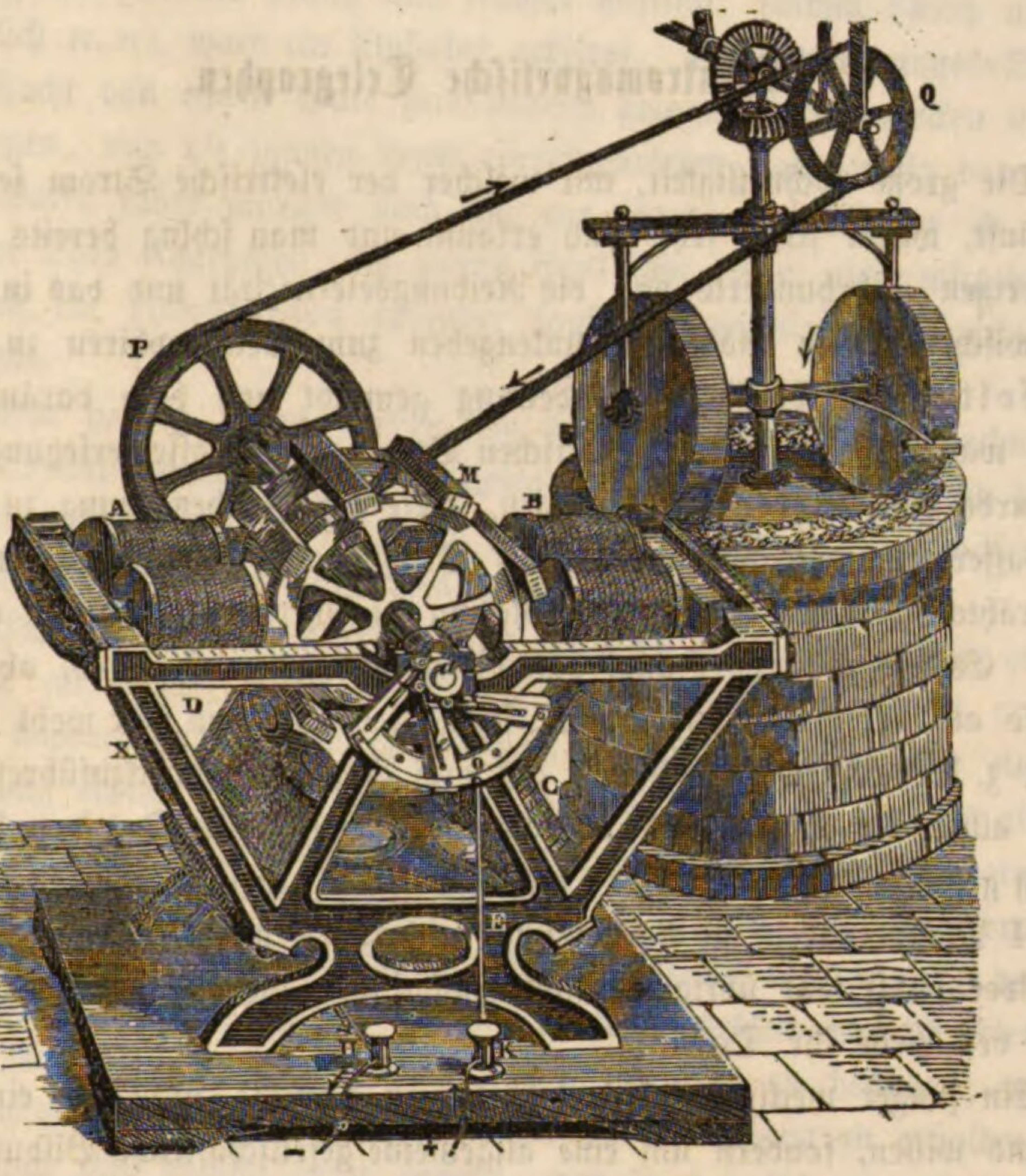


sind die Spiralen, *b* und *b* sind die beiden Magnete, davon der eine in die eine Spirale hinein gezogen ist, während der andere durch denselben, seiner Stellung wegen feindlichen Strom, hinaus gestoßen wird. *ffff* ist ein metallener Rahmen, welcher die Magnete mit dem zwischen den beiden Polen befindlichen dünneren Metallstücke in gerader Linie erhält und zu ihrer Stütze dient. *d* ist eine Leitstange, welche an dem Krummzapfen eines Rades *gg* drehbar befestigt ist und die gerade Bewegung der Magnete *bb* in eine Kreisbewegung verwandelt. Mechanikus Fessel in Cöln hat Modelle von diesem Instrumente gemacht, welche so elegant als wohlfeil sind, ob sie sich aber auch im Großen ausführen lassen, ist sehr fraglich.

Ein Mechaniker Froment in Paris hat eine eigene und neue Zusammenstellung erdacht, von welcher der Professor Ganot ein Modell von einer Pferdekraft beschreibt. Wir nehmen der Neuheit und der Anordnung wegen dasselbe hier auf.

Die Fig. 177 (S. 607) giebt uns ein Gestell von Gußeisen, bestimmt zur Aufnahme von 4 Elektromagneten *ADCB*. In der Mitte des Gestelles befindet sich ein Zapfenlager, welches eine Trommel trägt, an deren Peripherie acht Anker in gleichem Abstande befestigt sind. Dieselben sind mit *MM* bezeichnet. Auf derselben Axe befindet sich eine Riemscheibe, durch welche die erzielte Bewegung auf die zweite Riemscheibe *Q* übertragen werden und wodurch ein Nutzeffect erzielt werden kann, hier das Umwälzen zweier Mühlsteine behufs des Zerquetschens von Oelfrüchten.

Fig. 177.



Die Fig. 177 zeigt uns bei *H* und *K* die im Fußgestell befestigten Schrauben, durch welche der elektrische Strom aus der Batterie zugeleitet werden kann und die Pfeile deuten den Weg desselben an.

Man sieht wohl ein, daß diese elektromagnetische Maschine noch sehr leicht viel wirksamer gemacht werden kann, wenn man statt der gedachten vier Elektromagnete sechs nimmt, die denn nicht im Halbkreise wie hier, sondern in einem ganzen Kreise stehen werden, also zwei oben über der Maschine, so wie *C* und *D* unten innerhalb des Gestelles, und wenn man alsdann auch statt der hier angedeuteten Anker wieder Elektromagnete nähme, deren Polarität verwechselt würde, indem man an der Axe eine von den Scheiben, die S. 603 beschrieben worden sind, anbrächte, es würde diese so vervollkommnete Maschine dann derjenigen ähnlich sein, von welcher der Verfasser oben gesprochen und welche noch in dessen Besitz ist; allein der Kostenpunkt wird wahrscheinlich alle Versuche scheitern lassen, denn eine wohlfeilere Kraft als den Dampf erzielt man durch die Elektricität nicht.

Elektromagnetische Telegraphen.

Die große Schnelligkeit, mit welcher der elektrische Strom seinen Weg durchläuft, wurde schon sehr früh erkannt und man schlug bereits am Ende des vorigen Jahrhunderts vor, die Reibungselektricität und das in bestimmten Zwischenräumen mögliche Funkengeben zum Telegraphiren zu benutzen. Als Volta seine berühmte Entdeckung gemacht und bald darauf nachgewiesen war, daß durch den elektrischen Strom eine Wasserzersetzung möglich sei, wurde von Ritter vorgeschlagen, diese zur Zeichengebung zu benutzen, 24 Wasserzersetzungsapparate mit 24 Drähten in Verbindung zu bringen, die Drähte isolirt von Station zu Station zu führen und damit zu correspondiren. Es lag auf der Hand, daß dieses viel zu umständlich, aber es lag eben so auf der Hand, daß der Vorschlag sehr gut und sehr wohl zu vereinfachen, z. B. auf zwei, höchstens auf drei Apparate zurückzuführen gewesen wäre; allein die Sache blieb unbeachtet und selbst als Oersted seine Entdeckung gemacht, wußte Ampère nichts Besseres vorzuschlagen als 24 Drähte mit 24 Magnetnadeln in Verbindung zu bringen und so zu correspondiren. Die Idee selbst war übrigens nicht einmal von ihm ausgegangen, sondern dankte der Liebe ihr Dasein.

Ein junger mecklenburgischer Edelmann besuchte, nicht um eines Brodstudiums willen, sondern um eine allgemeine gesellschaftliche Bildung zu erlangen, mehrere Universitäten, unter diesen auch Berlin im Jahre 1821, als Erman d. ä. den ersten Cursus über Elektromagnetismus hielt. Der junge Herr war verlobt mit der Tochter eines Gutsnachbarn, allein während seiner dreijährigen Abwesenheit hatten die Eltern sich entzweit, es waren Streitigkeiten über Jagdgerechtsame entstanden — ein sehr kitzliger Punkt bei Rittergutsbesitzern — sie spielten die Montecchi und Capuletti in Mecklenburg, die Kinder sollten getrennt werden, sich nicht mehr schreiben, viel weniger besitzen.

Da dies ein Jahr vor der Hochzeit ausgesprochen wurde, so waren die jungen Leute damit gar nicht einverstanden, und der junge Mann erhielt kaum die ihn erschreckende Nachricht, als er auch schon auf den Flügeln der Extrapost nach Hause eilte.

Vater und Mutter waren unerbittlich, viel weniger die Braut, mit der Herr v. S. eine Correspondenz verabredete. Im Zimmer des jungen Herrn wie der jungen Dame ward ein elektrischer Apparat, ein Multiplicator und eine Magnetnadel aufgestellt und durch eine Abweichung derselben nach Osten

oder nach Westen, zweimal östlich und einmal westlich, einmal östlich und zweimal westlich ꝛc. ꝛc., ward ein Alphabet gebildet. Die Verbindungsdrähte wurden bei Nacht von einem Gute zum andern gezogen, durch Hecken und Zäune verborgen, und die jungen Leute correspondirten bald lustig darauf los — der Vater fährt morgen nach G. zur Jagd; die Mutter ist zu H. v. H. zum Thee eingeladen, ich werde krank sein, also nicht mitgehen ꝛc. ꝛc. — was ein Liebespärchen einander sonst an wichtigen Nachrichten mitzutheilen hat.

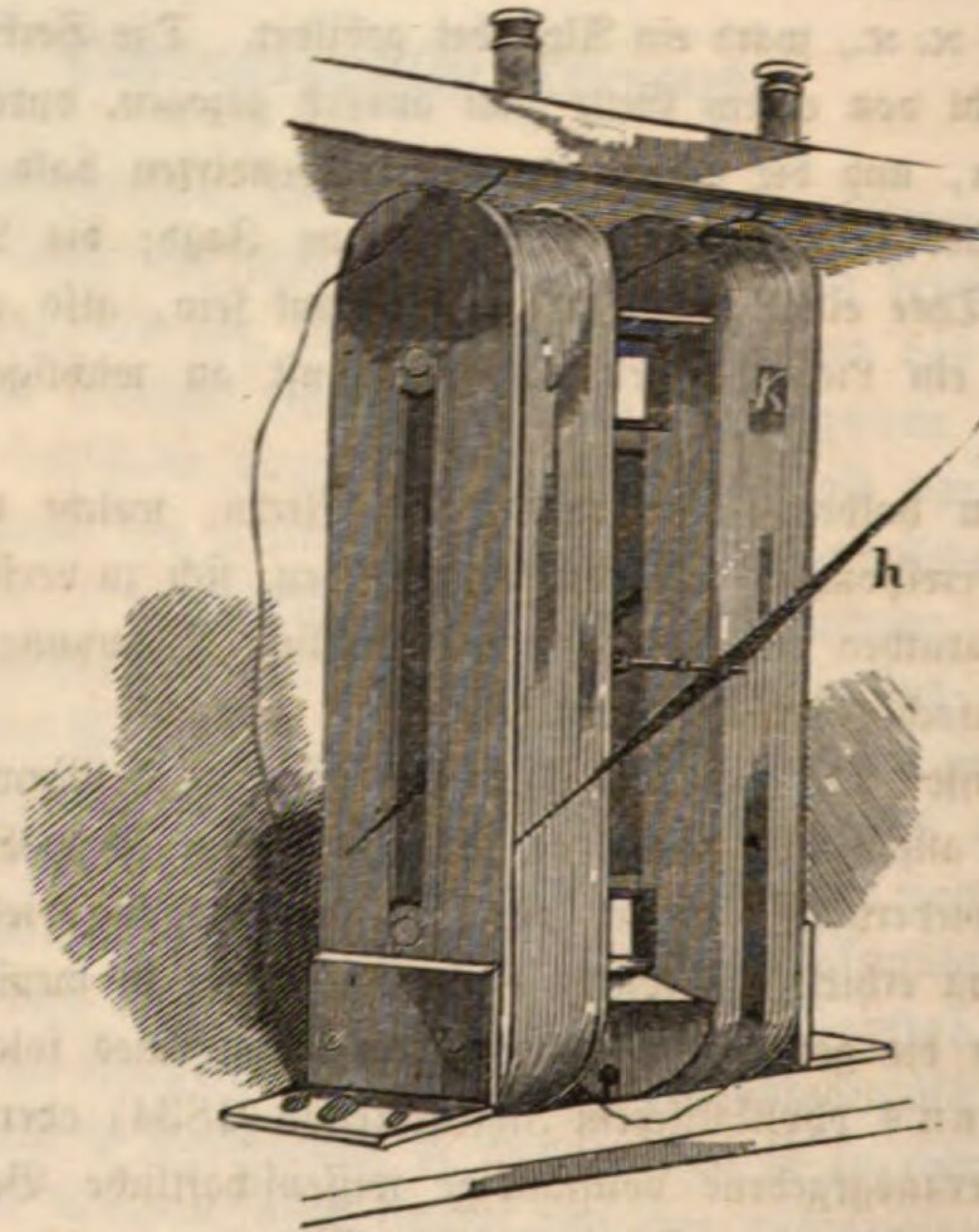
Nach einem halben Jahre fanden die Eltern, welche die Entdeckung der geheimen Correspondenz machten, es gerathen, sich zu versöhnen und die Kinder zu verheirathen und es hatte die glückliche Benutzung einer wissenschaftlichen Thatsache hier ein glückliches Paar gemacht.

Der Verfasser hat diese Anecdote aus Erman's Munde, allein obwohl dieser sie alljährlich, wenn er sein Collegium über Elektricität und Magnetismus wiederholte, immer von Neuem preisgab, dieselbe also eine weite Verbreitung erhielt, so wurde doch diese Notiz so wenig beachtet als 10 Jahre später die gedruckt gegebene Beschreibung eines solchen Apparates in Zimmermann's physikalischem Jugendfreund (1834) oder die noch drei Jahre später herausgegebene vollständige wissenschaftliche Begründung der elektrischen Telegraphie durch Steinheil in München, welcher noch überdies den glücklichen Gedanken hatte, die Erde als Rückleitung zu benutzen; es mußte die Erfindung in England gemacht werden, um Geltung zu erhalten, wir Deutsche sind nun einmal nicht anders, das Einheimische hat keinen Werth für uns.

Die englische Erfindung unterscheidet sich von der deutschen durchaus nicht, wenn man nicht etwa darin einen Unterschied finden will, daß der Multiplicator aufrecht steht, ist dieses wirklich etwas Bemerkenswerthes, so ist eine Taschenuhr, welche auf dem Tische liegt, auch ein anderes Instrument als eine solche, die an der Wand hängt.

Fig. 178 auf der folgenden Seite zeigt einen solchen Multiplicator mit einer Nobili'schen Nadel, nur die äußere h (bei horizontaler Lage würden wir sagen die obere) ist ganz zu sehen, die andere, welche im Innern schwebt, ragt links von dem Beschauer mit ihrer unteren Spitze hervor und zeigt ihre Fortsetzung auch noch in der Mitte zwischen den beiden Hälften des Multiplicators, welche etwas zu weit aus einander stehen. Sobald der Strom zuerst in die linke Hälfte eintritt, geht die Nadel nach der rechten Seite, wenn er rechts eintritt, geht sie nach der linken hin. Dieses genügt, um bei viermaligem Zeichengeben gegen sechszig verschiedene

Fig. 178.



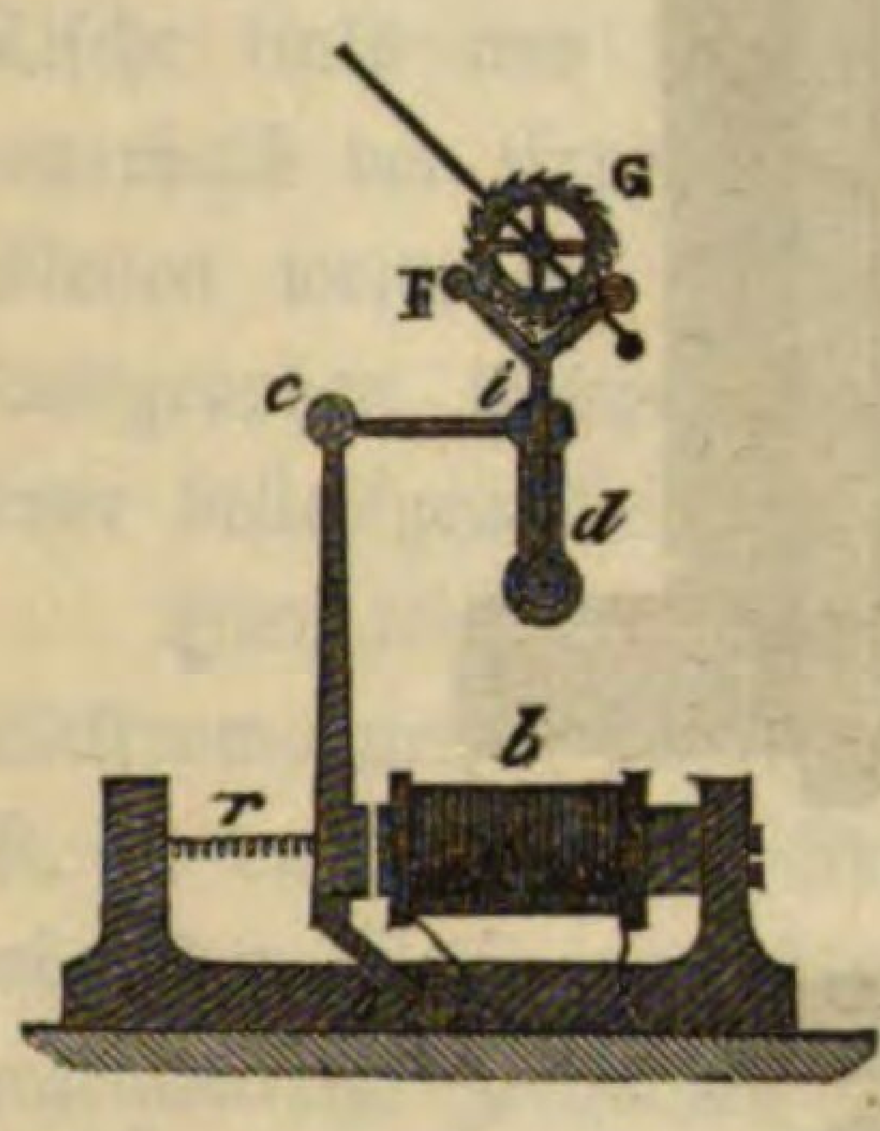
Zeichen zu bewerkstelligen, mit einem Instrument und mit einem Draht, denn der andere Draht wird durch die Erdleitung ersetzt.

In England wird ausschließlich aller anderen Methoden noch bis auf den heutigen Tag so telegraphirt. Die einzelnen Drähte sind mit einem Stromwender verbunden und je nachdem man denselben so oder anders legt, geht der Strom, welcher durch eine constante Batterie hervorgebracht wird, entweder von links nach rechts oder von rechts nach links und dem angemessen stellt sich die Doppelnadel.

Von dem Augenblick, wo es in Deutschland bekannt wurde, daß man in England durch den elektrischen Strom telegraphire, wurde mit Eifer an der Vervollkommnung der Apparate, welche im Kleinen schon viel früher ausgeführt worden, gearbeitet. Gauß in Göttingen, Weber in Leipzig, Cramer in Nordhausen hatten dergleichen erfunden und dem Letzteren war es gelungen, einen Buchstaben-Telegraphen zu construiren, welcher bei ungemeiner Einfachheit große Sicherheit und Schnelligkeit gewährte. Ein Uhrmacher Leonhard sollte diese Telegraphen ausführen, behielt sie jedoch für sich, machte daraus eine sogenannte neue Erfindung der allerschwerfälligsten Art und ließ sich ein Patent darauf geben, auf der Eisenbahn von Berlin nach Gotha wurde derselbe auch ausgeführt und so der eigentliche Erfinder

seines Lohnes beraubt; allein die große Schwerfälligkeit der Apparate und der ungeheure Preis schreckte vor weiterer Anwendung zurück, und so gelang es denn einer neuen und besseren Erfindung des preußischen Artillerie-Lieutenants Siemens, sich Bahn zu brechen und Eingang auf allen preußischen und den meisten anderen Schienenwegen zu finden, ganz Rußland und Oesterreich wird von Berlin aus mit Telegraphen versorgt.

Fig. 179.



Das Prinzip, nach welchem alle sogenannten Zeigertelegraphen bewegt werden, ist überall dasselbe. Fig. 179 zeigt die an sich höchst einfache Veranstaltung; *b* ist ein kleiner Elektromagnet mit sehr feinem Draht vielfach umschlungen. Ein Winkelhebel *iCa* ist bei *C* um eine Axe beweglich, er trägt bei *a* einen Anker, vermöge dessen er von dem Elektromagnet angezogen werden kann, wodurch eine Verschiebung der Stellung des Hebelarmes *Ci* stattfindet, an diesen kürzeren Hebelarm ist das Echappement, die Auslösung eines kleinen Uhrwerkes *FG* befestigt und der Zeiger, welcher an der Axe des kleinen Rades sitzt, wird bei jedem Anziehen und Loslassen des Ankers *a* um einen Schritt (einen Zahn des Rades entsprechend) bewegt. Die Feder *r* zieht den Anker wieder zurück, wenn der elektrische Strom zu wirken aufhört.

Die nächste Fig. 180 wird hierdurch allein eigentlich schon verständlich, denn bei Fig. 179 kommt zu dem soeben beschriebenen Auslösungs- und Zeigerapparat nichts weiter als ein mit Buchstaben bezeichneter Kreis und der Tisch, auf welchem dieser Apparat steht; allein der Schwesterapparat fordert eine nähere Betrachtung. Man nennt ihn den Zeichengeber (der andere ist der Zeichenbringer).

Auf dem Tische links steht ein Elektromotor, gleichviel ob aus einem oder aus funfzig Plattenpaaren bestehend und daneben ein Telegraph, der sich bei oberflächlicher Betrachtung von dem nebenstehenden nicht unterscheidet, genauer hingesehen nimmt man jedoch den Unterschied wahr; der kürzere, dickere Zeiger hat einen Handgriff bei *P* und er sitzt an der Axe eines Rades *R*, welches viel größer ist als das Rad *GF* des Nachbarn. Auch hat dieses Rad keine Auslösung, sondern *N* und *M* sind zwei Federn von Metall, welche mit ihren Knöpfen die Zähne des Rades berühren oder nicht berühren und dadurch ein Oeffnen und Schließen des Stromes bewerkstelligen.

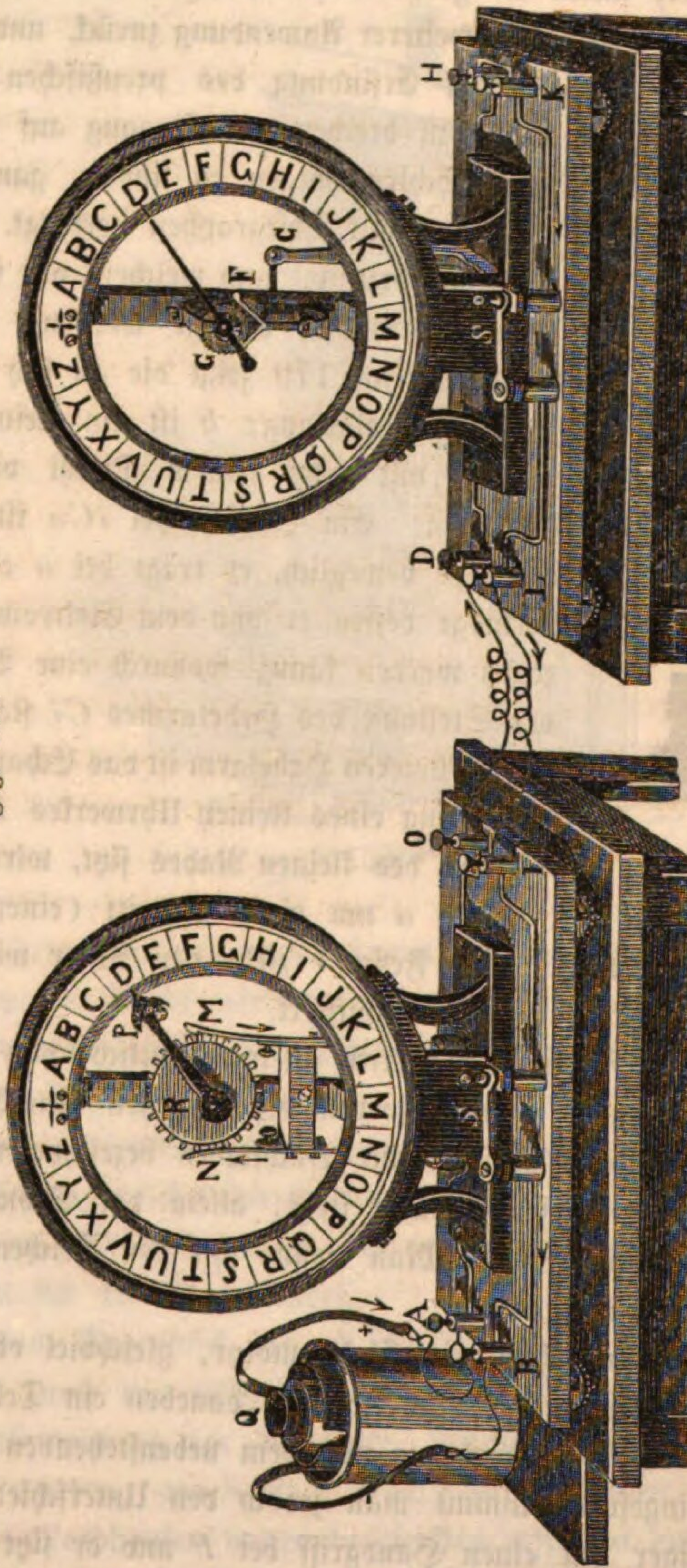


Fig. 180.

Dieser Strom geht, wie die Pfeile zeigen, von dem Elektricitätserreger *Q* aus nach *A*, einer Klemmschraube, und hinter dem Buchstabenkreise aufwärts nach der Feder *N*. Berührt diese einen Zahn des Rades *R*, so kann der Strom durch das Rad gehen und er wird dann durch die gleichfalls einen Zahn berührende Feder *M* weiter (hier abwärts) geführt werden.

Berührt die Feder *N* keinen Zahn des Rades, so ist die Kette nicht geschlossen und es findet alsdann kein elektrischer Strom statt.

Das abwechselnde Schließen und Oeffnen der Kette hat man dadurch aber in seiner Gewalt, daß man mittelst des Handgriffes *P* den Zeiger *PR* von Buchstab zu Buchstab führt, wo dann bei jedem Zahn (immer einem Buchstaben entsprechend) eine Schließung der Kette erfolgt, welche wieder aufhört, sobald die führende Hand den Zeiger über einen Zwischenraum zwischen zwei Buchstaben stellt.

Aus der Feder *M* geht der Strom nach der Schraube *O* auf dem Tische links und von hier durch die Luft auf isolirenden Stangen oder innerhalb der Erdrinde durch einen mit Guttapercha umschmolzenen Draht Meilen weit, bis zu dem Tische rechts, dem Zeichenbringer, demjenigen Telegraphen, welcher die auf dem ersten Instrument gegebenen Zeichen in einer beliebigen Entfernung wiederholt.

Hier tritt der Leitungsdraht bei der Schraube *D* ein, geht durch den Elektromagnet *b* der Fig. 179, welcher bei dieser Zeichnung nicht sichtbar ist, da er hinter dem Gestell befindlich und von da nach der Schraube *H*, möglicher Weise von hier weiter nach einem zweiten Telegraphen, für die gegenwärtige Zeichnung aber zurück nach der Schraube *K* und von da zurück nach *L* und zu dem Zeichengeber.

Vor der Mitte des Fußgestelles des Telegraphen sieht man den Buchstaben *S*, dieser bezeichnet die Vorrichtung zum Schließen oder Oeffnen der Kette, ohne zu telegraphiren, sie besteht aus zwei kupfernen Ständern, auf deren einem ein Riegel mit einem Handgriff aus demselben Metall angeschraubt ist.

Liegt dieser Riegel auf dem zweiten Ständer, so ist die Leitung zusammenhängend, liegt derselbe aber seitwärts, so daß keine Berührung zwischen ihm und dem quadratischen Abakus der kleinen Säule stattfindet, so ist die Verbindung zwischen den beiden Telegraphen nicht vorhanden.

Von *L* geht der elektrische Strom zurück nach *I* durch *S* hindurch und bei *B* in den Elektromotor, wodurch sein Kreislauf vollendet ist. Für die Drahtleitung *LJ* setzt man jetzt immer den Erdkörper. Von *L* führt man einen Draht, an welchem eine große Kupferplatte gelöthet ist, irgendwie auf dem nächsten Wege in den feuchten Erdboden, besser noch in einen Brunnen; dasselbe geschieht von *J* aus und zwischen den beiden Kupferplatten geht der Strom von *L* nach *J* zurück innerhalb der Erde.

Telegraphirt wird nun wie folgt: Der Zeiger des ersten Apparates wird, wir wollen annehmen, von dem Kreuz ganz oben geführt bis *D*, wie die Figur zeigt; dadurch findet ein viermaliges Schließen und Oeffnen der

Kette statt, jedesmal, daß dieses geschieht, zieht der Elektromagnet in dem zweiten mit dem Zeichengeber verbundenen Apparat, den Anker an und rückt dadurch den Zeiger an dem Rade *GF* um einen Zahn des Rades und um ein Zeichen des Kreises vorwärts. Da das Oeffnen und Schließen viermal geschehen ist, so wird hierdurch der gedachte Zeiger auf *D* kommen, welches beabsichtigt war; man sieht, wie dies nothwendig weiter geht und wie man jeden beliebigen Buchstaben dadurch geben kann, daß man bei dem Zeichengeber durch Führung des Zeigers *P* so lange Oeffnung und Schließung der Kette bewerkstelligt, bis der verlangte Buchstabe erreicht ist. Da der Zeichenbringer jeder Oeffnung und Schließung der Kette durch Vorwärtsschreiten des Zeigers um einen Buchstaben entspricht, so wird hierdurch sicher die Botschaft von Station zu Station überbracht.

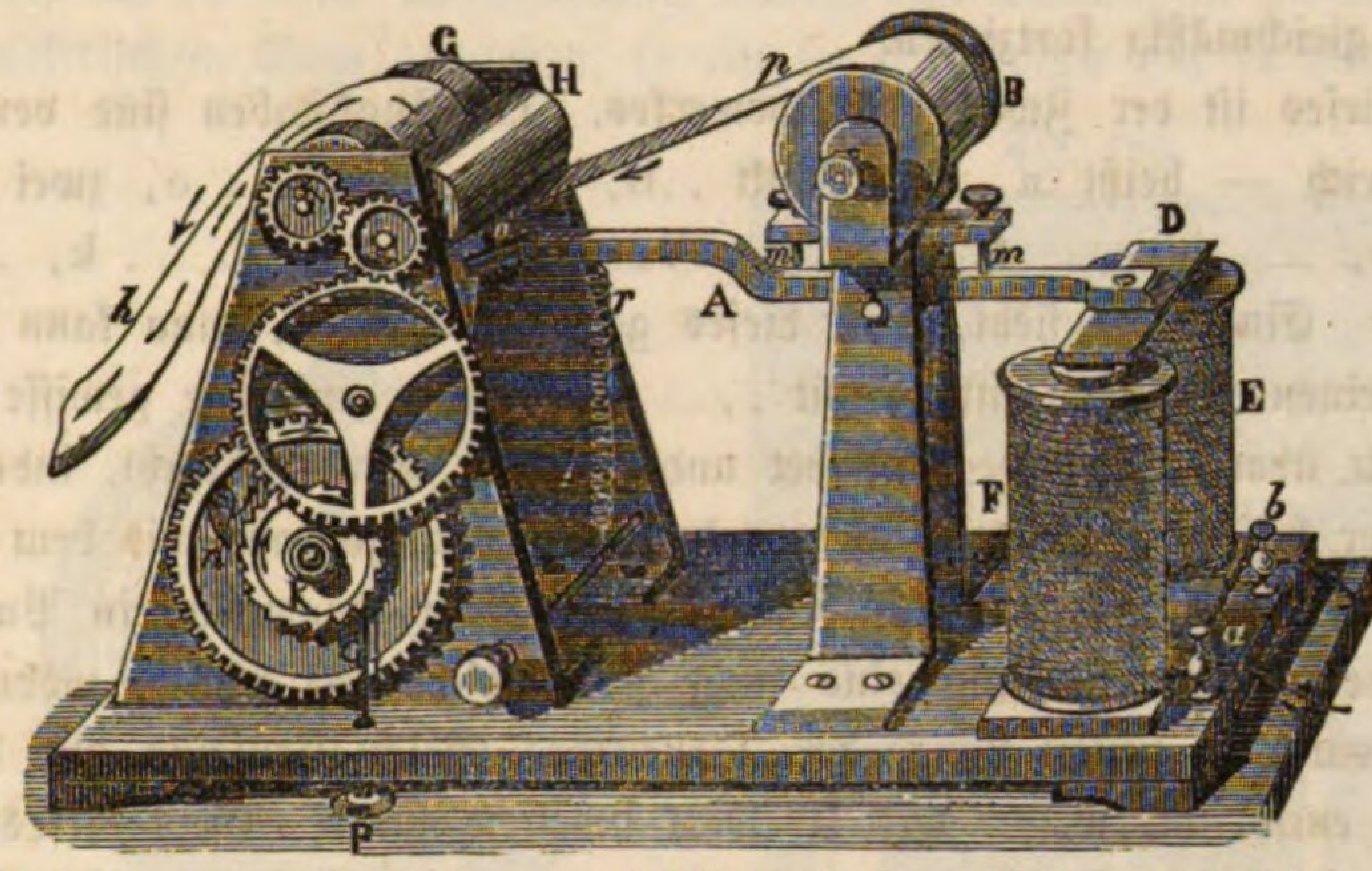
Der Siemens'sche Telegraph unterscheidet sich von dem hier angegebenen dadurch, daß er zugleich Zeichengeber und Zeichenbringer ist, die Bewegung des Zeigers *P* kann veranlaßt werden durch die Elektricität oder durch eine Uhr. Wenn der erste Telegraph die Uhr in Gang hat, so antwortet der zweite durch Elektricität und ist also der Zeichenbringer. Wenn der zweite Telegraph seine Uhr in Thätigkeit setzt, so ist er der Zeichengeber und der erste Telegraph, welcher dieser Bewegung entspricht, ist nun der Zeichenbringer.

Aeußerlich unterscheidet sich der Siemens'sche von dem gegenwärtigen dadurch, daß er die liegende Form hat. Die Buchstaben stehen auf beweglichen Tasten, so wie man eine derselben drückt, kommt das Uhrwerk in Gang und läuft so lange, bis man die Taste losläßt. Bei diesem Gange schließt und öffnet sich die Verbindung so oft als Buchstaben übergangen werden und in dieser Zeit macht der Zeichenbringer dieselbe Bewegung durch die Elektricität. Die Franzosen haben die Güte gehabt, den Deutschen diese Erfindung nachzuerfinden; der Mechaniker Froment hat einen Apparat construirt, welcher aussieht wie das doppelte Manual einer Orgel, auf der Tasten stehen, die Buchstaben und Zahlen in zwei Reihen, man spielt darauf und der Telegraph giebt die Zeichen weiter, das Ganze ist eine im Jahre 1855 wiederholte, sehr schwierige und schwerfällig arbeitende Nachahmung des schönen, einfachen und leicht beweglichen Siemens'schen Apparates, welcher bereits im Jahre 1847 vollendet und seit dem Jahre 1849 auf allen preußischen Bahnen eingeführt wurde.

Die sämmtlichen Telegraphen der Art bieten keine Sicherheit für die richtige Auffassung der Zeichen. Wenn eine Verwirrung entstanden ist, so kann man dieselbe nicht controlliren, dafür sind die schreibenden Telegraphen

vortrefflich. Der Amerikaner Morse hat einen solchen erfunden, wie er durch die Fig. 181 dargestellt wird.

Fig. 181.



Ein Elektromagnet ist immer die Hauptsache dabei, man sieht denselben rechts bei *EF*. Ein Anker *D* an den Hebelarm *DA* befestigt, schwebt über den Polen des Magnets und kann, sobald derselbe wirksam ist, angezogen werden. Am anderen Ende dieses Hebels befindet sich eine Feder *r*, welche ihn wieder zurückzieht, sobald die Kraft der Elektromagnete nachläßt. Das Wieviel wird durch zwei Schrauben in dem Gestell des Hebels bestimmt. Die Schraube *m*, rechts der Axe des Hebels, gestattet der Feder keinen weiteren Spielraum als bis zur Berührung, und die eben so bezeichnete Schraube links an der Axe verbietet dem Magneten einen stärkeren Druck als bis zur Berührung und da die Schrauben vor- und zurückgeführt werden können, so hat man die Bewegung ganz in seiner Gewalt.

Das Ende des Hebelarmes *A* hat bei *e* einen Stahlstift, welcher scharf genug ist, um bei mäßiger Kraft einen Eindruck auf einen Streifen Papier zu machen, nicht scharf genug, um es zu zerreißen. Ein solcher Streifen Papier von etwa 1 Zoll Breite ist in großer Ausdehnung auf die Rolle *B* gewickelt und wird von derselben in der Richtung der Pfeile von *p* nach *h* unter einem Holzcylinderdraht hinweg und über einen anderen Cylinder *g* gezogen. Dies geschieht durch ein Uhrwerk, welches auf der linken Seite des Apparates sichtbar ist. Unter der Fußplatte hängt ein Gewicht *P*, dessen Schnur um die Trommel *K* läuft. Es kann wie gewöhnlich aufgezogen werden, dazu ist das Steigrad *K* und der Sperrhaken *n* vorhanden. Das Gewicht treibt das Rad *KC* unmittelbar, dieses treibt ein zweites und dieses endlich treibt den Cylinder *H*, unter dem der Papierstreifen hinweg geht. Da nun mit diesem Rade ein gleich großes, der Walze *G* angehöriges läuft,

indem beide in einander greifen, die zweite Walze aber genau so groß ist, wie die erste und mit ihr zusammentrifft, so werden die beiden mit einander wirken, den zwischen ihnen befindlichen Papierstreifen in unaufhörlichem Gange gleichmäßig fortziehen.

Dieses ist der Zweck des Uhrwerkes. Die Buchstaben sind verabredet: ein Strich — heißt a, ein Punkt . b, zwei Punkte .. c, zwei Striche — — d, — . e, . — f, . — . g, . . — h, — . . i, — — . k, . — — l u. s. w. Ein Jeder sieht, daß dieses ganz beliebig ist, man kann ja auch g mit einem Punkt . und a mit . . — bezeichnen, auf eine gewisse Strecke aber gilt überall dasselbe Alphabet und es wird hervorgebracht, indem man auf einer beliebigen Station den elektrischen Leitungsdraht mit dem Elektromotor auf einen Augenblick in Verbindung bringt, wodurch ein Punkt entsteht oder die Verbindung eine kurze Zeit geschlossen erhält, wodurch ein Strich entsteht, dessen Länge der Dauer des Geschlossenseins und der Bewegung entspricht, welche das Uhrwerk indessen macht. Geht dieses schnell, so wird natürlich die Länge des Striches in derselben Zeit größer sein, als wenn die Bewegung langsam ist.

— . — — . . — . . — . — . . . — — . . — — . . — —

— . — . . . — — —

Eine solche telegr. Depesche sieht aus wie der Streifen, welcher das Alphabet nach obigem Schema bis o enthält und man hat darin etwas Bleibendes. Noch besser ist die neuere Vervollkommnung des Drucktelegraphen, wo statt eines Stiftes an den Hebelarm ein Stern von 30 Zeichen (20 Buchstaben und 10 Zahlen, indem j, x, y und q weggelassen sind, man könnte auch p, t und c noch fortlassen und durch b, d und z ersetzen) befindlich, welcher Stern eben so gedreht wird durch den elektrischen Strom, wie der Zeiger von dem Telegraphen und wo der Doppelmagnet *DEF* dient, um, wenn der verlangte Buchstabe oben steht, ihn an den Papierstreifen anzudrücken. Auf diese Weise erhält man eine fortlaufende Zeile von neben einander gedruckten Buchstaben, das Vollkommenste, was in dieser Art erzeugt werden kann.

Der Streit, welcher von diesen Telegraphen der bessere sei, mit welchem sich am schnellsten arbeiten lasse, ist noch nicht entschieden und der Verfasser will dem Urtheil der Zeit und der Erfahrung nicht vorgreifen, überraschend aber sind die Wirkungen aller und die Schnelligkeit der Mittheilung übersteigt, was man gewöhnlich davon denkt, bei weitem. Als der Kaiser Nicolaus gestorben war, hatte man die Nachricht von seinem Tode in Berlin um eine Stunde, in Paris um zwei Stunden früher als er gestorben war. Sein Tod, um 1 Uhr Petersburger Zeit erfolgt, ward nach

Berlin gemeldet und kam daselbst um 12 Uhr Berliner Zeit an; Berlin liegt ungefähr 16 Grad westlich von Petersburg, die Zeit, welche die Sonne braucht, um 15 Grad zurückzulegen, beträgt eine Stunde, ist die Mittheilung auf elektrischem Wege geschehen, so eilt sie der Sonne um so viel voraus.

Fig. 182.

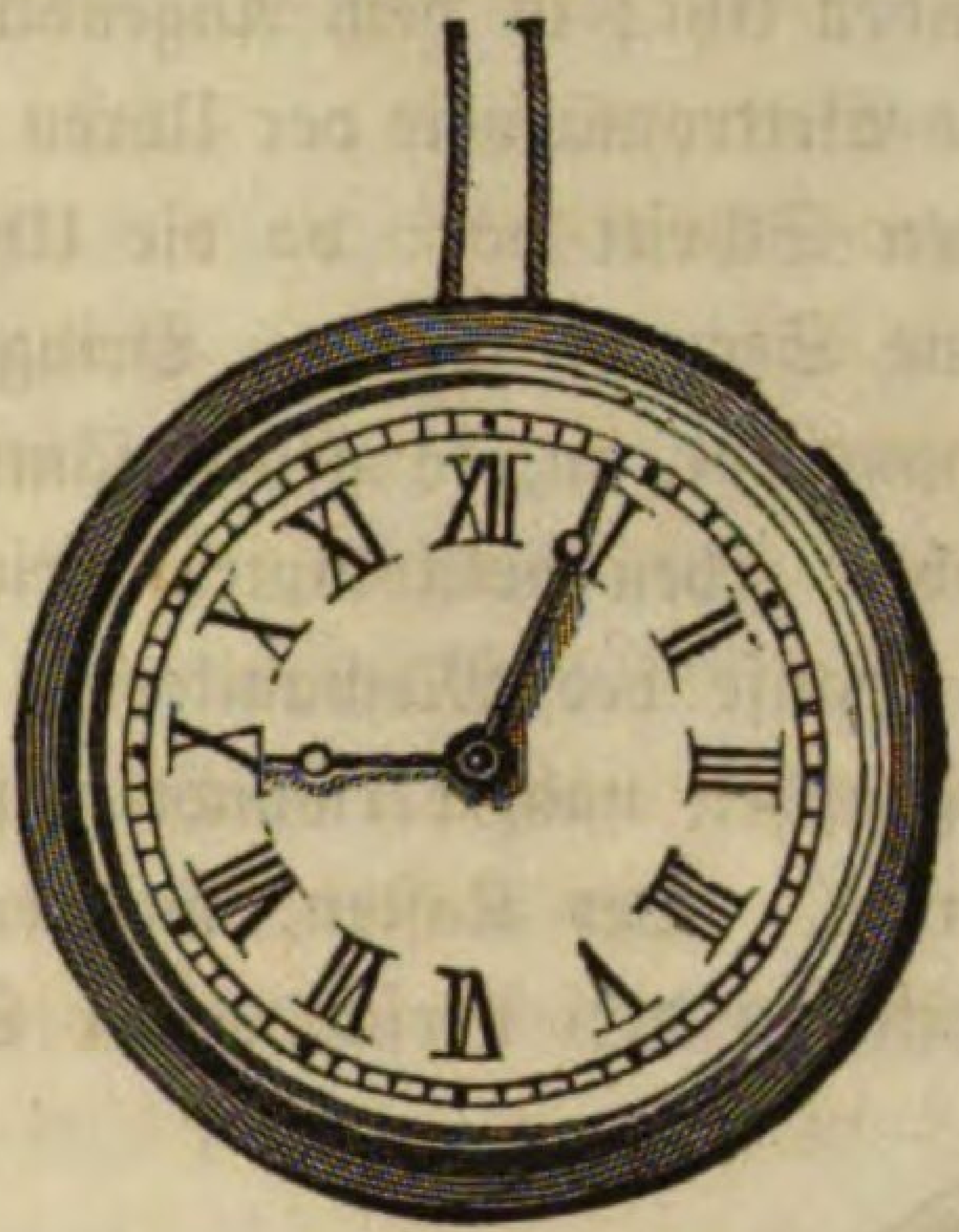
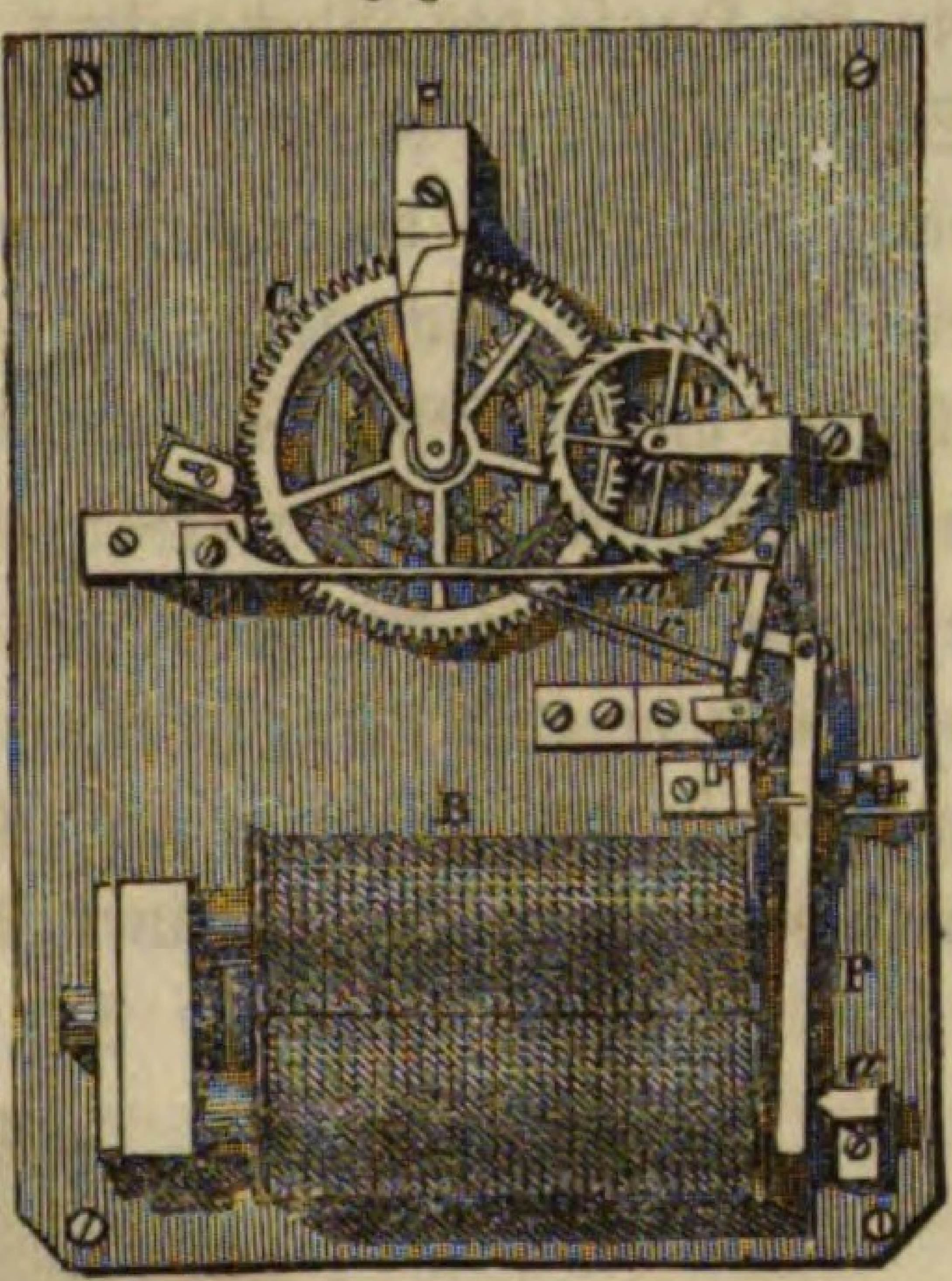


Fig. 183.



Im Aeußeren unterscheidet sich solche Uhr in nichts von einer jeden andern feststehenden Uhr, sie kann also die Form einer großen Wand= oder einer kleinen Pendeluhr haben, im Innern ist sie jedoch viel einfacher als die gewöhnliche. Wie überall bei elektrischen Bewegungsapparaten, so ist auch hier der Elektromagnet B die Hauptsache. Der Anker P stützt sich auf einen festen Punkt a und nur sein anderer freier Theil oP bewegt sich; mit diesem beweglichen Ende schiebt er durch einen Sperrhaken sn das Steigrad AD um einen Zahn vorwärts, wobei der andere Haken m das Zurückgehen des Rades verhindert. Die Bewegung wird nun durch den Trieb D auf das größere Rad c übertragen und dies ist die ganze Uhr.

Allein um sie in Bewegung zu setzen, braucht man eine constante Batterie und einen Apparat, welcher den Strom in bestimmten Zeiträumen unterbricht und wieder schließt, man muß also mit einem Worte eine andere gut gehende Uhr haben, damit diese elektrische Uhr gehen könne. Dabei wäre natürlich kein Vortheil zu erlangen.

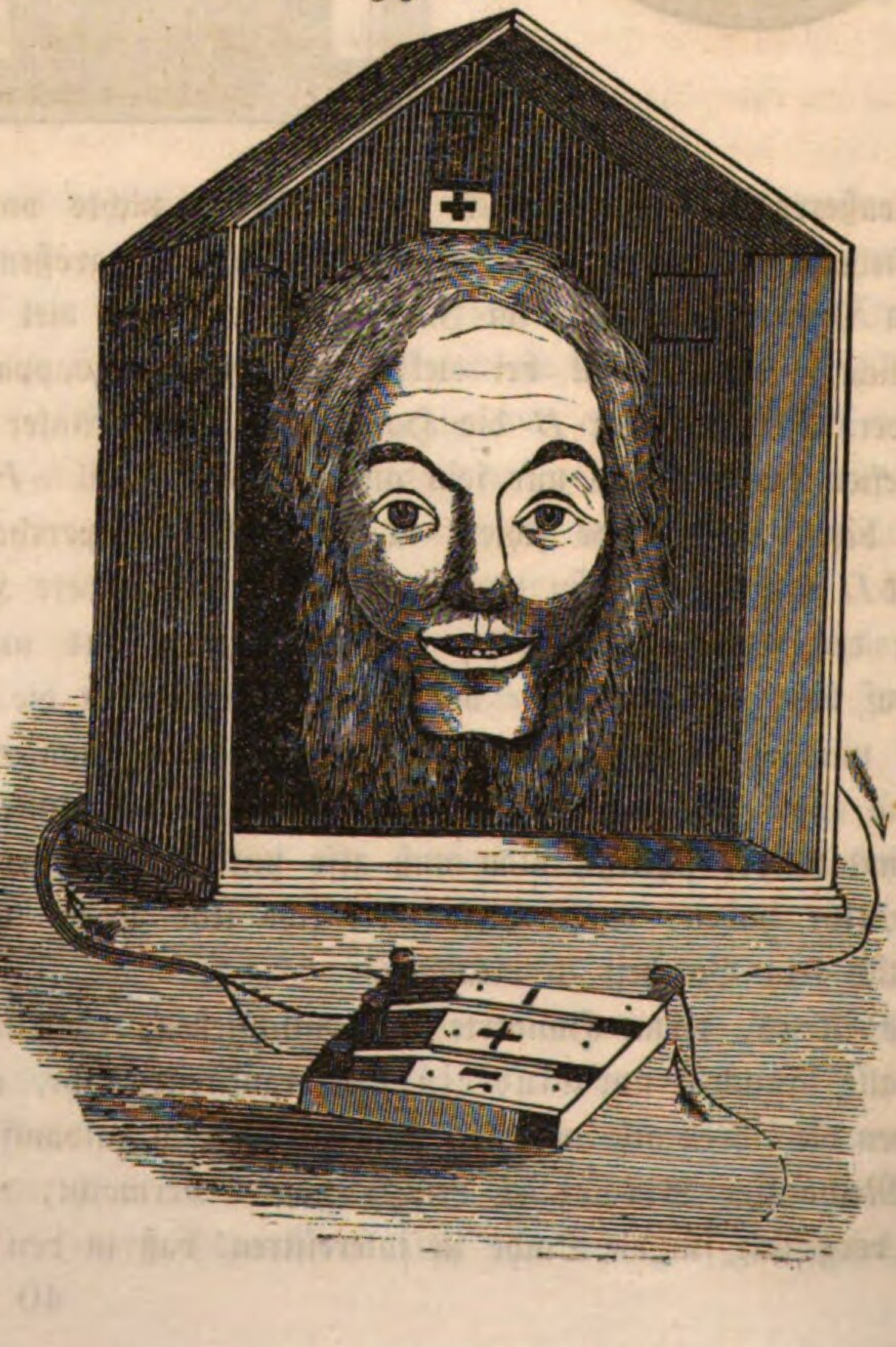
Anders ist es, wenn Hunderte sich entschließen, elektrische Uhren zu halten, sie alle brauchen nur eine einzige regulirende Uhr, und wie diese geht, so gehen die Uhren alle und zwar alle mit einem galvanischen Apparat.

Der Mechaniker Störer in Leipzig hat es vermocht, die Bewohner von Leipzig dergestalt für die Sache zu interessiren, daß in den Behausungen

der Honoratioren fast überall elektrische Uhren gefunden werden, sie brauchen nicht aufgezogen zu werden, sie gehen Tag und Nacht, Jahr aus und Jahr ein fort und der Betrag, welcher dafür gezahlt wird, ist ein sehr geringer, 3 Thaler jährlich. Von der Batterie gehen die Leitungen durch die ganze Stadt und diese werden alle gleichzeitig geschlossen durch den Perpendikel der einen, im Hause des Mechanikers stehenden Uhr; in dem Augenblick, wo er den Schließungsdraht berührt, werden alle Elektromagnete der Uhren gleichzeitig thätig und rücken die Steigräder einen Schritt vor; da die Uhr nun Secunden schlägt, so rückt jede Uhr um eine Secunde weiter. Bringt man die Auslösung an dem Minutenrade der Hauptuhr an, so gehen sämmtliche Uhren nur minutenweise vorwärts; alle aber gehen vollkommen gleichzeitig und alle gehen so, wie die Reguliruhr im Hause des Mechanikers.

Eine mit dem elektromagnetischen Telegraphen nahe verwandte Spielerei zeigt Fig. 184 in der Maske eines Zauberers. Der Kasten, welcher diese Maske umschließt, trägt auf seiner Rückseite an drei verschiedenen Stellen

Fig. 184.



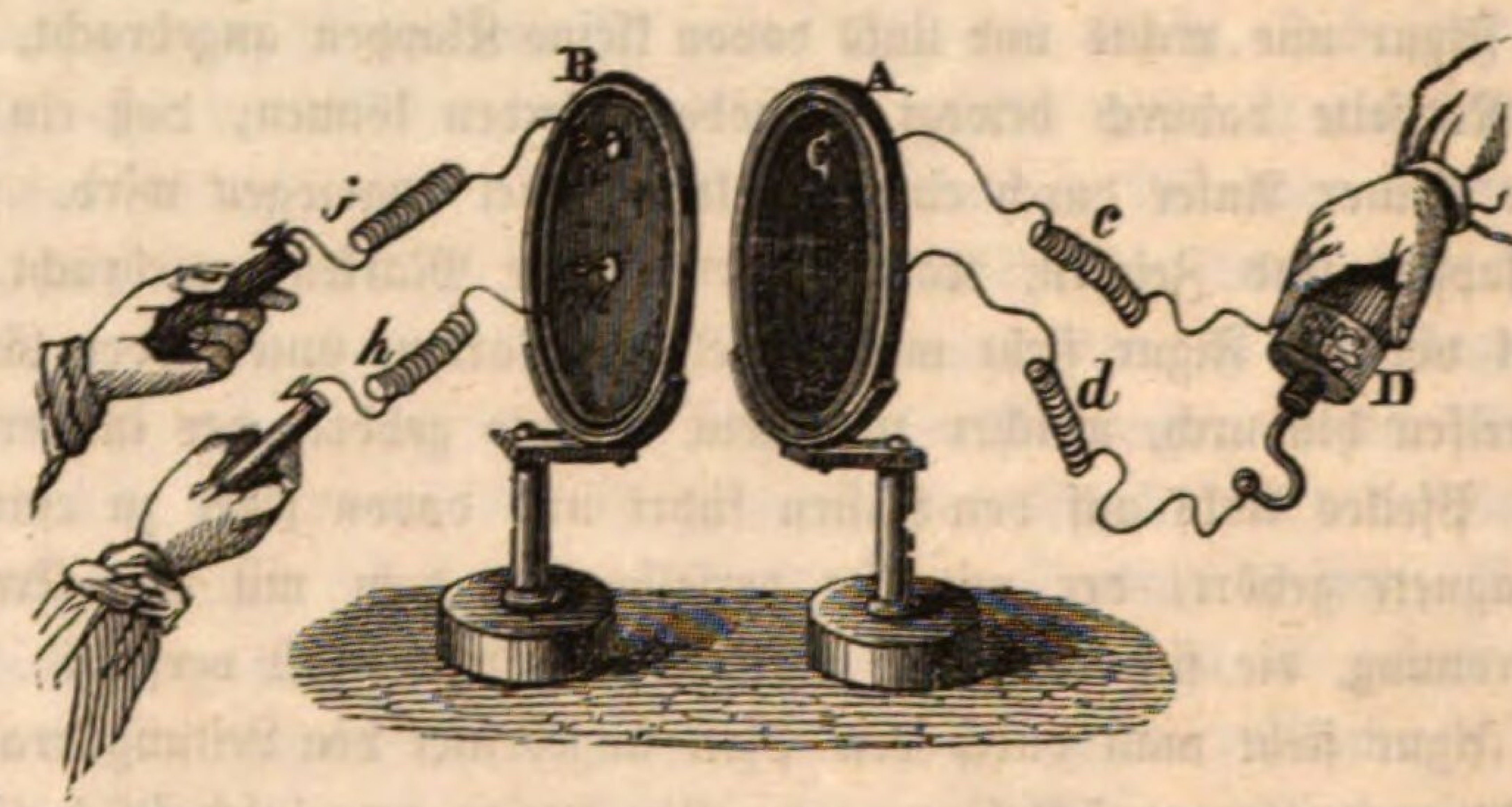
kleine Elektromagnete. Da, wo sich dieselben befinden, sind z. B. gerade über der Figur und rechts und links davon kleine Klappen angebracht, welche auf der Rückseite dadurch bewegt, gehoben werden können, daß ein daran befestigter kleiner Anker durch einen Elektromagnet angezogen wird. Hinter diesen Klappen sind Zeichen, Karten oder andere Marken angebracht. Auf der Tafel vor der Figur sieht man dieselben Marken, unter jeder läuft ein Metallstreifen hindurch, welcher zu einem Drahte gehört, der in der Richtung des Pfeiles links auf den Kasten führt und davon jeder zu einem der Elektromagnete gehört, der mittelste derselben zu dem mit dem Kreuz rc., eine Anordnung, die sich ohne alle Beschreibung von selbst versteht. Rechts von der Figur sieht man durch den Pfeil angedeutet den Leitungsdraht von dem Elektromagneten zurückkehren, der allen dreien gemeinschaftlich ist, wie die Erdleitung allen Telegraphendrähten. Die Leitung endet in einem Stift mit einem Knopfe. Da wo die Enden dieser Leitung nicht zusammenhängen, befindet sich, am besten verborgen in dem Tische, auf welchem der Apparat steht, ein galvanisches Element constanter Art, das eine Ende des Drahtes ist an dem + Pol, das andere an dem — Pol befestigt. Der Stift kann nunmehr die Leitung schließen. Sobald derselbe in eine der Marken gesteckt wird, so ist das Element in Thätigkeit, der elektrische Strom geht lediglich durch denjenigen Elektromagnet, welcher zu der durchstochenen Marke (durch deren metallische Unterlage die Leitung geschlossen wird), gehört, er hebt die Klappe vor der Marke. Derjenige, der das Kunststück machen will, sagt zu seinen Zuhörern, dieses sei das Bild des alten Nostradamus und es könne wie sein Original wahrsagen, man solle den Stift in irgend eine der Marken stecken, das Bild werde es sogleich anzeigen — der Laie wird überrascht werden, derjenige, der den Zusammenhang kennt, natürlich nicht.

Inductionselektricität.

Man nannte so die Wirkung eines elektrisirten Körpers auf einen unelektrisirten, welcher in dem Bereich der elektrischen Atmosphäre des ersten steht. In neuerer Zeit nennt man vorzugsweise diejenige Elektricität so, welche durch einen elektrischen Strom in einem Leiter erregt wird, welcher diesem Strom parallel läuft.

A und *B* sind zwei eingerahmte Glastafeln von etwa 1 Fuß Durchmesser, welche auf Holzgestellen stehen dergestalt, daß man sie beinahe bis zur gegenseitigen Berührung mit ihren Flächen an einander bringen kann.

Fig. 185.



Auf jede derselben befestigt man am besten durch Schellack eine Drahtspirale genau so wie die Feder an der Unruhe einer Uhr, so daß keine Windung die andere berührt, auch nicht irgend wo der nächsten Windung in irgend einem Theile näher kommt als in einem andern. Der Mittelpunkt der Glasscheibe ist durchbohrt, damit der Draht in dieselbe von der Rückseite eingeführt werden könne, eben so ist die Spirale in der Nähe der Peripherie durchbohrt, wo der letzte Ring der Spirale aufhört. Ganz eben so wird die zweite Scheibe eingerichtet, *m* bezeichnet an derselben den Mittelpunkt und die Stelle, wo der Draht im Innersten der Spirale die rechte Seite verläßt, um auf die Rückseite zu treten, bei *n* tritt das äußerste Ende der Spirale hinter die Glasscheibe.

Wenn man nun die beiden Spiralen einander gegenüber und parallel gegen einander so aufstellt, daß beide etwa ¼ Zoll weit von einander entfernt sind und man alsdann durch die Drähte *c* und *d* der Spirale *A* eine Leidner Flasche *D* entladet, so wird derjenige, welcher die Drahtenden *i* und *h* der Spirale *B* in seinen Händen hat, wie die Figur zeigt, einen Schlag erhalten, obschon er durchaus nicht in dem Entladungsstrome der elektrischen Flasche *D* eingeschlossen ist. Der ganz eigenthümliche und außerordentlich kräftige Apparat ist von P. Ries erfunden und in seinem großen Werke über Reibungselektricität beschrieben. Die Franzosen finden es nicht nöthig, hiervon Notiz zu nehmen, Hrn. Matteucci nennt Ganot als Erfinder.

Der Schlag rührt von der Inductionselektricität her. Viel leichter ist eine solche Erregung der Elektricität durch den elektrischen Strom nachzuweisen.

Auf eine hölzerne Spule wickelt man einen mäßig starken, übersponnenen Draht, so daß die Windungen dicht an einander liegen. Ueber diese erste Lage bringt man eine Lage von gut trocknendem Schellackfirniß

und wenn dieser getrocknet ist, wickelt man einen feinen gleichfalls besponnenen Draht vielfältig in regelmäßigen Lagen auf die Spule, so daß nach und nach hunderte und tausende von Windungen in vielen Schichten über einander liegen, je mehr je besser. Der innerste Draht, welcher nur eine Lage bildet, kann etwa ½ Linie dick sein, der andere höchstens $\frac{1}{10}$ Linie, je feiner er ist, je mehr Windungen also auf eine gegebene Länge der Spule gehen, desto besser wirkt ein solcher Apparat.

Wenn man nun die beiden Enden des dicken Drahtes mit einem Bunsen'schen oder Grove'schen Element verbindet, die beiden andern Enden aber mit Handhaben versieht, so hat man eine Vorrichtung, um den Inductionsstrom anschaulich und fühlbar zu machen.

Fig. 186.

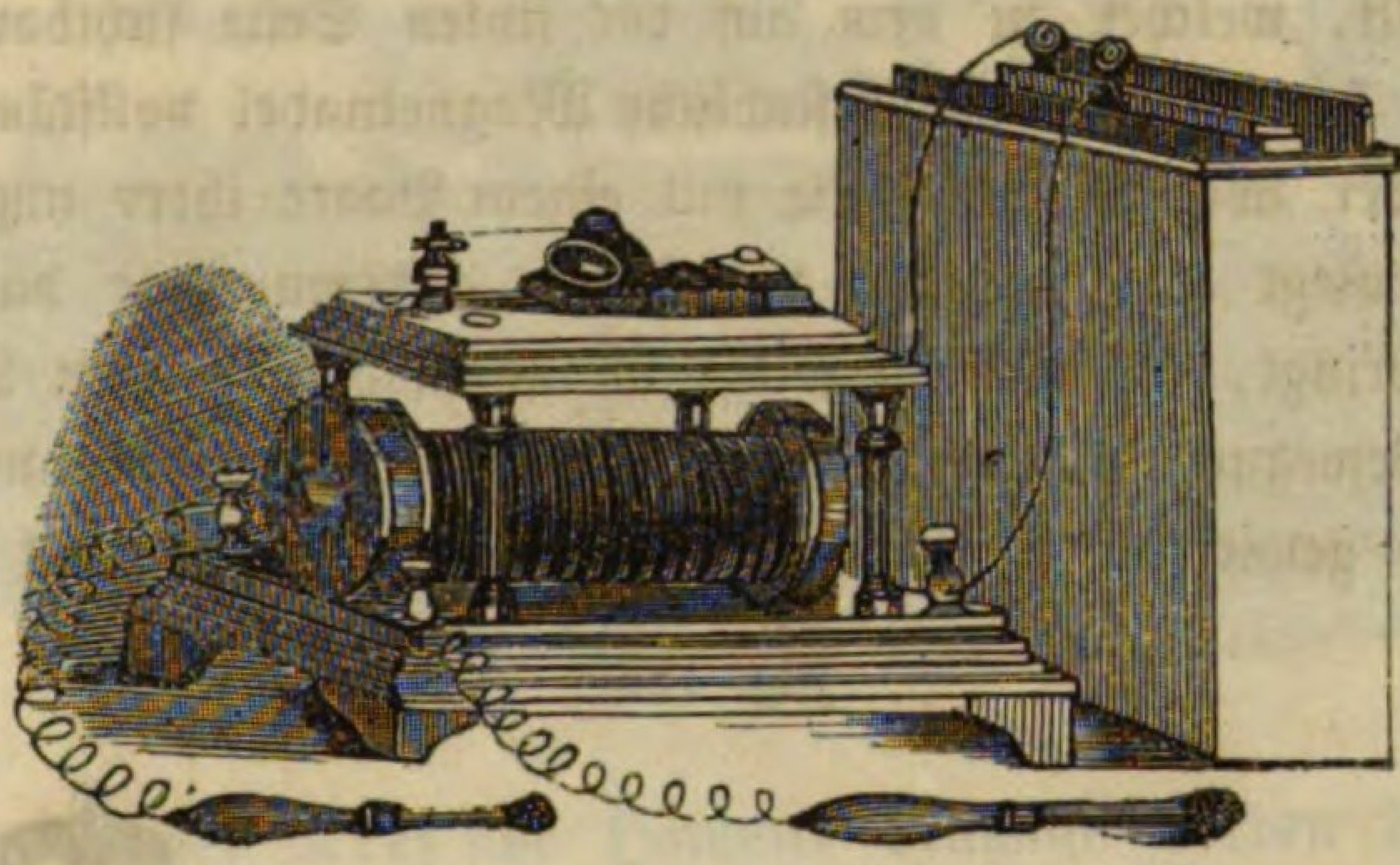
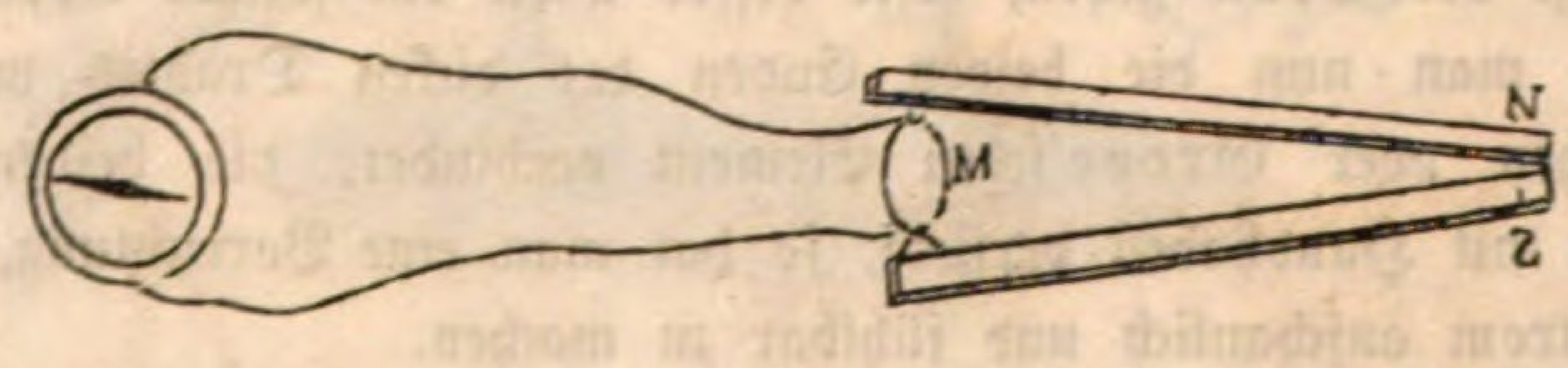


Fig. 186 zeigt eine solche Veranstaltung. Man sieht rechts ein galvanisches Plattenpaar, welches seine Drähte zu dem Inductionsapparat sendet, der zwischen den vier Säulen des Tischchens liegt, auf welchem die Vorrichtung zum Oeffnen und Schließen der Kette befindlich. Diese Vorrichtung besteht hauptsächlich in einer Feder mit einem kleinen Hammer daran, welcher im Augenblicke des Niederfallens einen Ambos berührt und die Schließung hervorbringt, dann aber durch die Kraft der Feder wieder gehoben wird, wodurch der elektrische Strom unterbrochen ist; auf's Neue fällt der Hammer auf den Ambos und der dadurch bewerkstelligten Schließung folgt alsbald das Wiederöffnen der Kette durch den Widerstand der Feder.

Bei jedem Schließen aber und bei jedem Oeffnen der Kette entsteht, inducirt durch den wirklichen elektrischen Strom, ein zweiter Strom in der Inductionsspirale, welcher durch denjenigen gefühlt wird, der die Enden der feinen Drähte vermittelst der Handhaben, welche neben dem Apparate liegen, in seinen Händen hat.

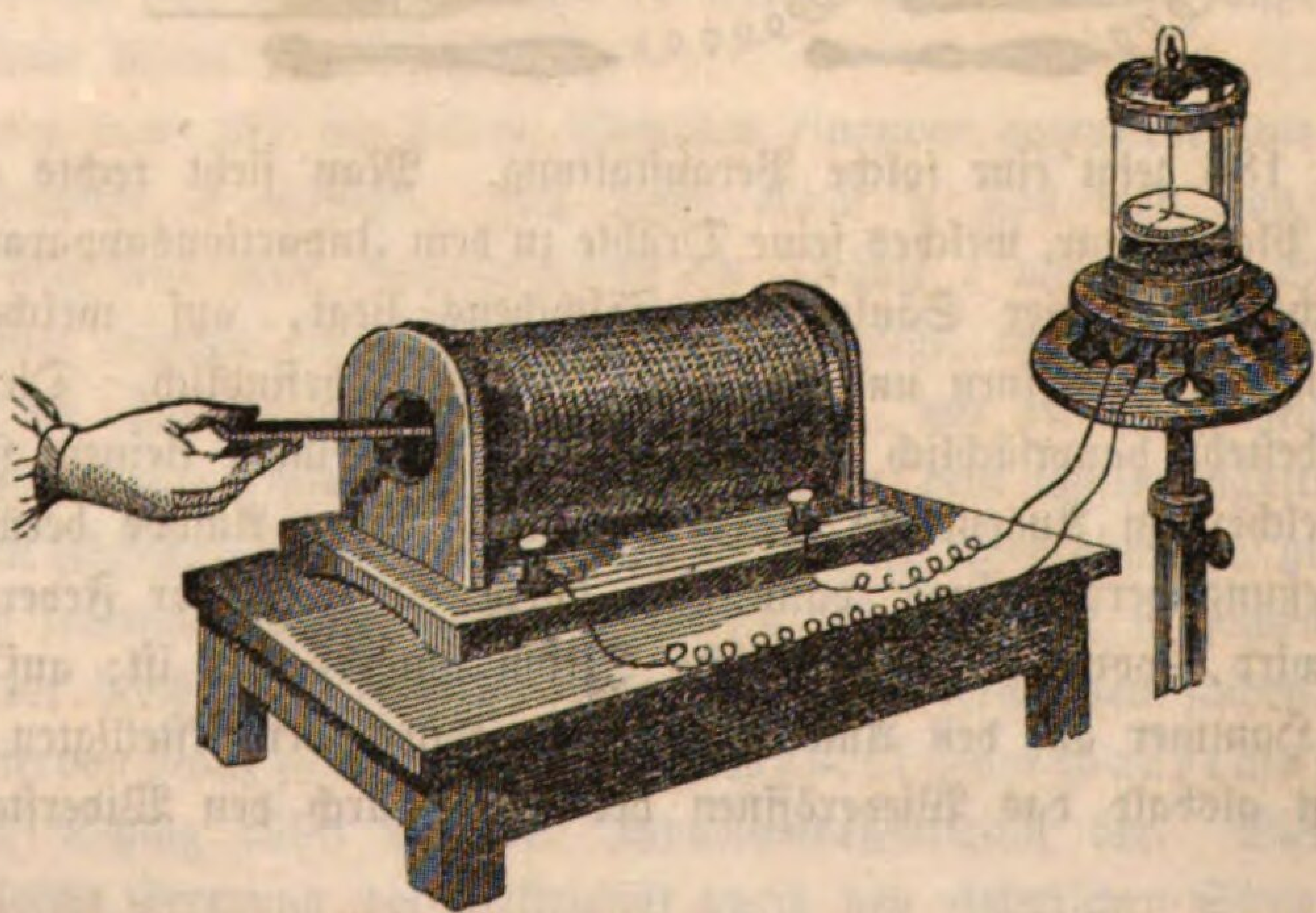
Nicht allein die Elektricität bringt einen Inductionsstrom hervor, sondern nach Faraday's schöner Entdeckung auch der Magnetismus. Diese im Jahre 1832 bekannt gewordene Thatsache hat die Lehre vom Elektromagnetismus erst gerundet, zum Abschlusse gebracht. Wenn die hier stehende Fig. 187 *M* ein Stück weiches Eisen, mit übersponnenem Kupferdraht um-

Fig. 187.



wickelt, vorstellt, welcher zu dem auf der linken Seite sichtbaren Multiplicator geht, so bleibt die darin befindliche Magnetnadel vollständig in Ruhe. Wenn man aber zwei Magnetstähle mit einem Paare ihrer ungleichnamigen Pole zusammenlegt und zwischen die beiden anderen Pole das umwickelte Stück Eisen bringt, so wird man die Magnetnadel in dem Multiplicator eine heftige Bewegung machen sehen. Eben so umgekehrt, wenn man in die cylindrisch gewickelte Spirale der Fig. 188 (welche mit dem neben-

Fig. 188.



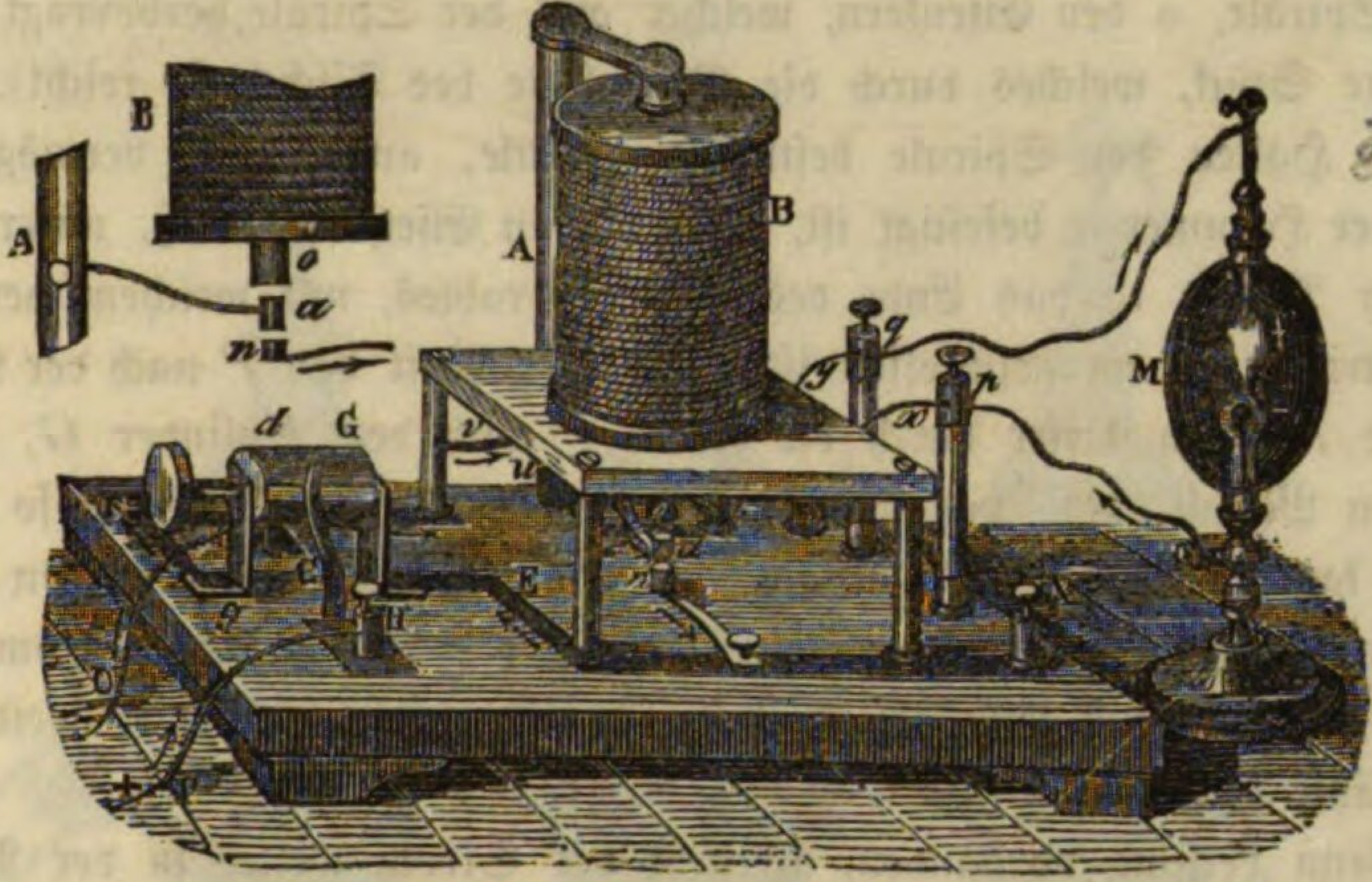
stehenden Galvanometer durch die feinen Drähte in Verbindung steht) plötzlich einen Magnetstab einschiebt, wird man alsbald die Nadel ihre normale Stellung verlassen und eine abweichende Richtung annehmen sehen.

Es zeigt sich hier deutlich ein elektrischer Strom, welcher dadurch auf-

tritt, daß ein Magnet in eine Spirale geschoben oder ein Stück Eisen, das in der Spirale steckt, plötzlich zum Magnet gemacht wird (dies ist der Sinn des vorigen Versuches).

Der emsigen Forschung unserer Physiker ist es gelungen, die elektrische und die magnetische Induction mit einander zu verbinden, wodurch sie sich gegenseitig verstärken. Wir danken dies vorzugsweise der Thätigkeit des Professor Neef, von dem der Fig. 189 gegebene Apparat construirt und

Fig. 189.



nach welchem er der Neef'sche Hammer benannt worden ist. Derselbe, schon im Jahre 1834 bekannt, ist doch von einem Mr. Ruhmkorff in Paris im Jahre 1851 glücklich zum zweiten Male erfunden und etwas vergrößert ausgeführt worden, so daß die Spirale oder Inductionsrolle B etwa 1 Fuß Höhe hat, während der Neef'sche Apparat in der Regel nicht mehr als 4 Zoll mißt, einen anderen Unterschied zwischen der 22 Jahr alten deutschen und der 5 Jahr alten französischen Erfindung kann der Verfasser nicht entdecken.

Auf einem Tischchen von Glas oder mit Glasfüßen steht die Inductionsspirale, inwendig aus einem 2 Millimetre dicken, in 300 Windungen um den Eisenkern laufenden Draht bestehend, auswendig durch 10,000 Windungen des feinsten Drahtes gebildet, welcher nicht nur an sich einzeln isolirt, sondern dessen verschiedene Lagen auch noch von einander getrennt sind, indem jede einzelne durch eine Lage Firniß gedeckt worden, bevor die zweite Lage darauf kann.

Mitten durch die Spirale geht ein Eisenkern, welcher magnetisch wird, wenn der elektrische Strom ihn umkreist, dieser elektrische Strom inducirt

in den vielen tausend Windungen der Spirale aus dünnem Draht einen um so stärkeren Strom, je mehr Windungen da sind, aber der Eisenkern thut dasselbe durch sein Magnetischwerden und so verstärken die beiden Wirkungen einander.

Die Säule *A*, in dem Tische eingeschraubt, hält durch einen Arm oben den Eisenstab in einer bestimmten Lage fest, unten ist derselbe in das Tischblatt eingelassen und sein äußerstes Ende, sein Pol, reicht ganz hindurch.

Neben dem Gesammtapparat sieht man einen Theil desselben, *B* die große Spirale, *o* den Eisenkern, welcher aus der Spirale hervorragt (es ist dasjenige Stück, welches durch die Glasplatte des Tischchens reicht). *A* ist die zum Halten der Spirale bestimmte Säule, an welcher vermöge einer Feder der Hammer *a* befestigt ist, welcher von Eisen sein muß, unter diesem liegt der Ambos *n*, das Ende des Leitungsdrahtes, mit welchem verbunden der elektrische Strom geschlossen ist. Derselbe läuft von *P* nach der Klemmschraube *H*, von dieser durch die Feder *C* nach dem Cylinder *G*, welcher halb von Metall, halb von Elfenbein ist und durch den Knopf *F* so gedreht werden kann, daß seine Metallfläche die beiden Federn *c* und *d*, von welcher man die Spitze bei *G* hervorragen sieht, zu der Leitung des Stromes verbindet, oder so, daß seine Elfenbeinfläche isolirend zwischen die beiden Leitungsdrähte tritt.

Wenn Leitung vorhanden, so geht der Strom weiter in der Richtung der Pfeile nach *v* und *u*, woselbst er an der Säule *A* unter dem Glastisch eine Stütze findet, dann in die Spule tritt und den Eisenkern 300 Mal umschlingt, hierauf in den oben beschriebenen Hammer *a* übergeht und bei Berührung desselben mit dem Ambos *n* durch die Leitung *E* und die Axe der Rolle *G* zurückkehrt nach dem Leitungsdrahte *o*, d. h. zum Zink des Elements oder des ersten Paares der Säule.

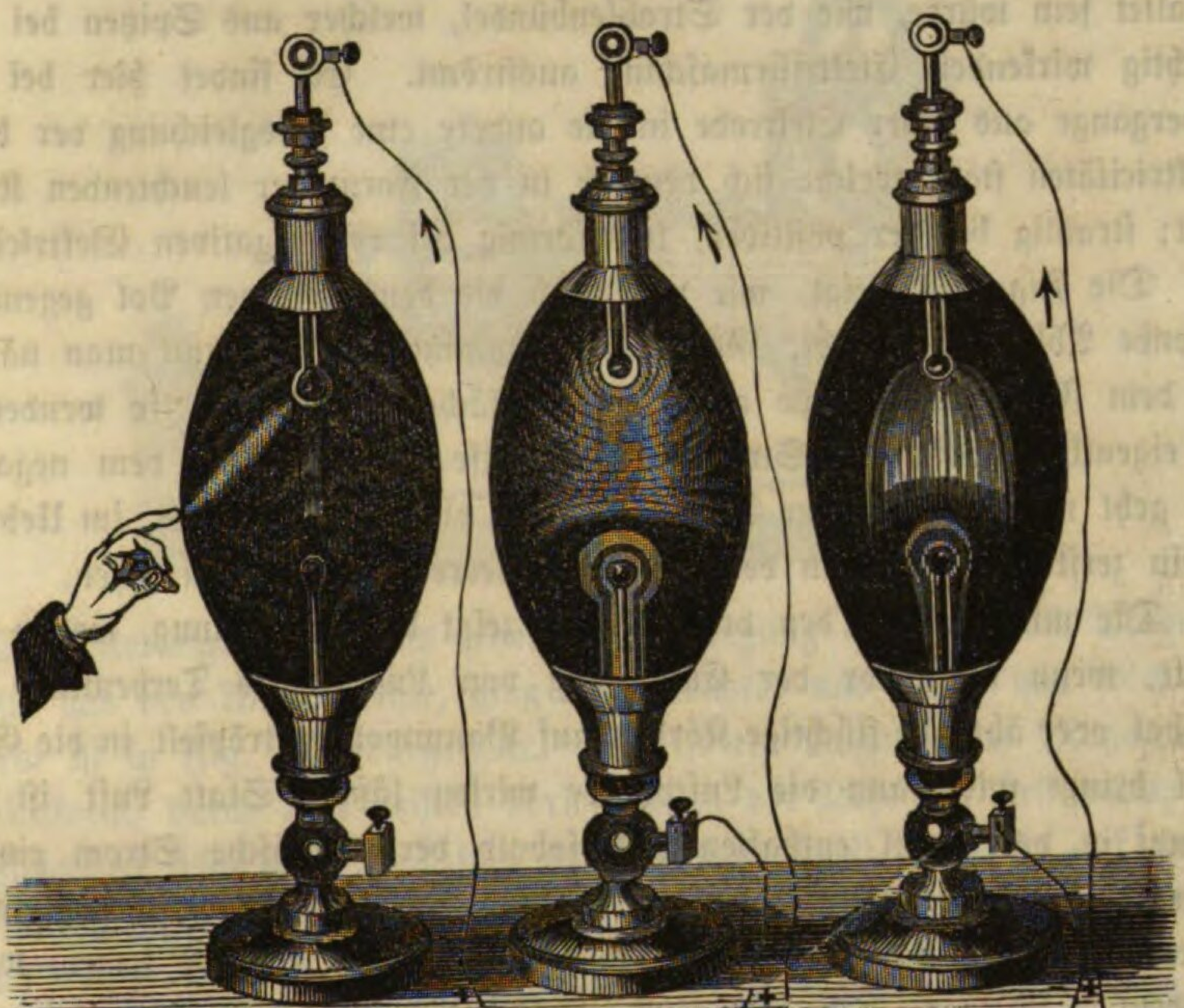
Sinkt der eiserne Hammer auf den Ambos, so ist der Strom geschlossen und dadurch der Eisenkern magnetisch, weshalb er nun den eisernen Hammer anzieht; so wie dies geschieht, ist aber der Strom unterbrochen, folglich der Eisenkern nicht mehr magnetisch, der deshalb auch den Hammer sofort fallen läßt, hierdurch aber wird die Leitung wieder geschlossen, der Eisenkern wird wieder magnetisch und dies bewirkt eine abermalige Trennung ꝛc.

Bei jedem Schließen und Trennen entsteht in dem Inductionsdraht ein elektrischer Strom und dieser kann außerordentlich stark werden, wenn die Anzahl der Windungen so hoch steigt, wie oben angegeben. Die physiologischen Erscheinungen sind so stark, daß bei Anwendung von zwei Plattenpaaren ein Kaninchen sofort getödtet wird und wer es wagte, den elektrischen

Inductionsschlag durch sich hindurch gehen zu lassen, würde niedergeschmettert werden wie von einem Blitze, unzweifelhaft würde bei Anwendung von 6 Grove'schen Elementen ein Mensch getödtet werden.

Die Wärmeerscheinungen sind sehr lebhaft, wie sich schon nach dem hier Angedeuteten vermuthen läßt, lange Strecken Platindraht werden glühend, Eisen schmilzt darin, ja wenn der Platindraht dünn ist, schmilzt er gleichfalls; am auffallendsten sind aber die Lichterscheinungen; die Fig. 190 zeigt, auf welche Weise dieselben am leichtesten hervorgebracht werden.

Fig. 190.



M ist eine Glaskugel oder ein Glasellipsoid. Die Fassungen oben und unten sind luftdicht angekittet, die obere Fassung enthält eine Stopfbüchse, die untere ist durchbohrt und hat einen Hahn, welcher die Bohrung schließt. Mittelst derselben kann man diese Kugel auf eine Luftpumpe bringen und von Luft befreien.

Von den Enden des Drahtes der Inductionsrolle geht der eine durch eine Klemmschraube, welche isolirt ist, nach der Stopfbüchse, deren Draht luftdicht auf und ab geschoben werden kann, damit man sein Ende von dem anderen ihm gegenüberstehenden innerhalb der Glaskugel entfernen kann. Der Pfeil deutet den Strom an, welcher, nachdem er die Glaskugel

durchwandert, aus dem Fuße der Kugel durch den Draht px zurückkehrt zu dem anderen Ende des Inductionsdrahtes.

Bei dem Uebergange des elektrischen Stromes durch den leeren Raum sieht man die allerschönsten Erscheinungen, wovon die Fig. 190 einen Begriff geben mag, wenn es schon unmöglich ist, die Farbenpracht und die Lichtstärke nur annäherungsweise anzudeuten.

Fig. 190 giebt den breiten, drei Viertheile der Glaskugel ausfüllenden Strahlenbüschel, welcher ohne die Form des Glases und ohne die Concentration nach einem Punkte hin, der leuchtenden Kugel unten, kegelförmig gestaltet sein würde, wie der Strahlenbündel, welcher aus Spitzen bei einer mächtig wirkenden Elektrisirmaschine ausströmt. Es findet hier bei dem Uebergange aus einer Elektrode in die andere eine Ausgleichung der beiden Elektricitäten statt, welche sich deutlich in der Form der leuchtenden Körper zeigt; strahlig bei der positiven, kugelförmig bei der negativen Elektricität.

Die Fig. 190 zeigt, wie wesentlich die dem positiven Pol gegenüberstehende Ableitung auf die Gestalt der Flamme wirkt, kommt man nämlich mit dem Finger irgend wo an die Außenfläche des Glases, so wendet sich der eigentliche elektrische Strom vorzugsweise dorthin, nach dem negativen Pol geht nur ein schwacher Strom, welchen die Figur andeutet, im Uebrigen ist ein zerstreutes Licht in der ganzen luftleeren Höhlung zu sehen.

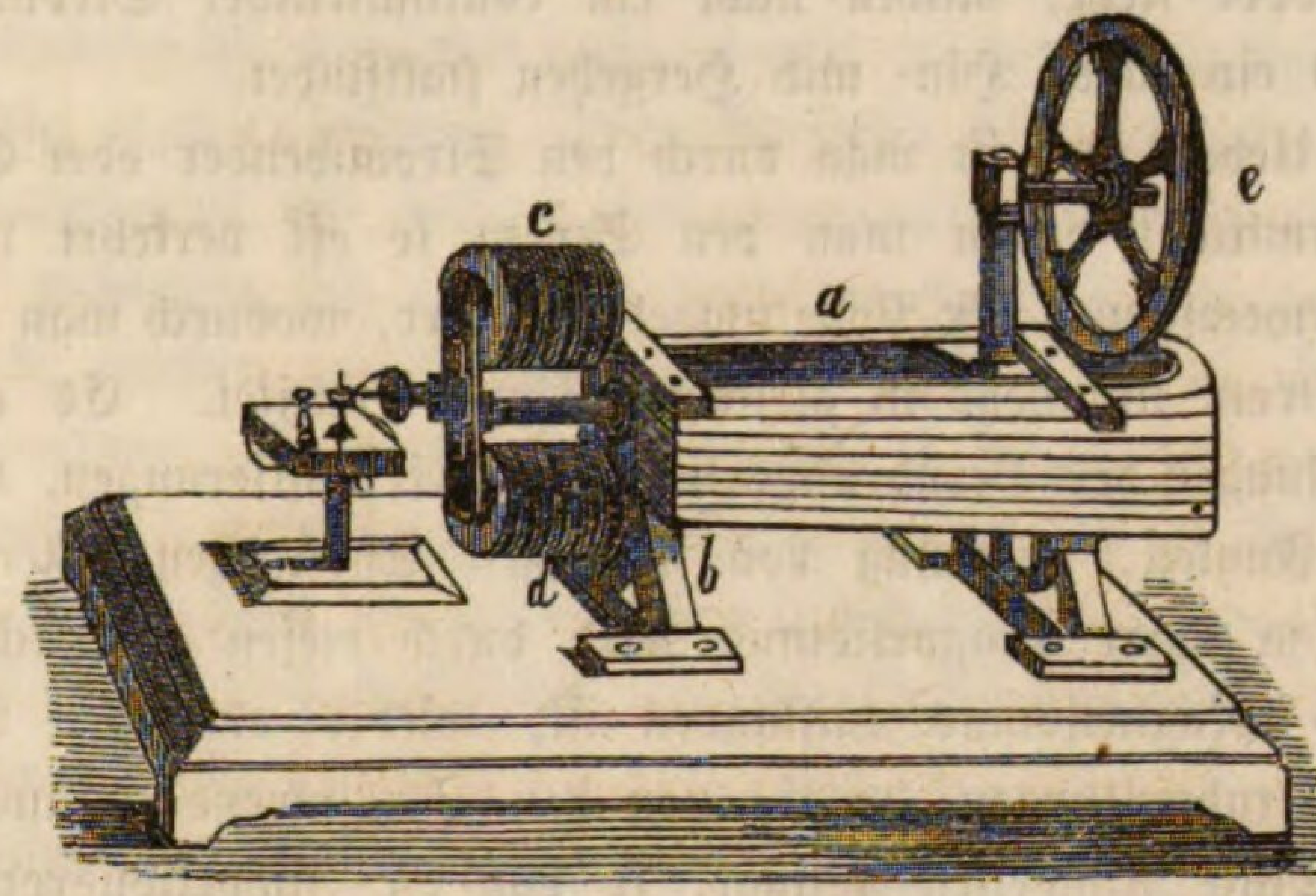
Die mittelste von den drei Figuren zeigt die Erscheinung, welche man erhält, wenn man vor der Entleerung von Luft etwas Terpentinöl oder Alkohol oder ähnliche flüchtige Körper auf Baumwolle getröpfelt in die Glaskugel bringt und dann die Luftpumpe wirken läßt. Statt Luft ist nun Dampf in der Kugel enthalten und sobald der elektrische Strom eintritt, beginnt beinahe die ganze Kugel zu leuchten, aber in abwechselnden hohlen Scheiben, so daß sich quer durch das Glas schwarze Striche zeigen, welche anzudeuten scheinen, daß hier keine Elektricität wirke, indeß daneben ein leuchtender Discus das Glas quer durchzieht, welcher aber wieder von dem nächsten durch einen dunkeln Zwischenraum getrennt ist. Auch die negative Kugel leuchtet in einem viel lebhafteren Lichte, als wenn kein Alkoholdampf in der Kugel enthalten und sie blos luftleer ist.

Die leuchtenden Schichten, welche hier natürlich nur im Querschnitt angegeben werden können, muß man sich denken, wie viele über einander stehende Uhrgläser von bedeutender Größe und von verschiedener Krümmung, so wie in Fig. 190 auch der helle Schein eine vollständige leuchtende Glocke bildet. Man war in Paris der Meinung, daß vermöge der außerordentlichen Wirkung der Inductionselektricität die Beleuchtung großer Plätze und langer gerader Straßen zu bewerkstelligen wäre, und daß, da man viel

weniger Elemente brauche, diese Beleuchtungsart jedenfalls wohlfeiler sein würde als die durch ein anderes Material.

Als Faraday's schöne Entdeckung, daß der bewegte Magnet Elektricität erwecke, bekannt wurde, suchte man sofort Anwendung hiervon zu machen und Saxton erbaute eine Maschine, bei welcher ein starkes magnetisches Magazin sich um seine Längenaxe drehte und dabei vor einem mit Draht umwickelten Anker vorbei lief. Man erhielt, wie begreiflich, Funken

Fig. 191.



und Erschütterungen, als man jedoch die Bewegung umkehrte, die Magnete festlegte und den Anker drehte, ging Alles leichter und besser und solch ein Apparat ist in Fig. 191 dargestellt. *ab* ist ein magnetisches Magazin in Hufeisenform, durch zwei Leisten vorn und in der Nähe der Krümmung an das Fußgestell festgedrückt; *cd* sind zwei Inductionsrollen, welche auf einem gleichfalls hufeisenförmigen Anker stecken, dessen Endflächen glatt abgeschliffen, möglichst dicht an den Polen des magnetischen Magazins vorbeigehen, sie ruhen auf einer Axe, welche einerseits sich auf das Tischchen stützt, welches die Figur zeigt, andererseits aber in der Biegung der Hufeisen ihr Lager hat. Unterhalb des Rades *e* hat die Axe einen Schnurlauf, über diesen und über das Rad geht ein Riemen, welcher die Inductionsrolle bewegt und bei den Polen des Magnets vorbeiführt.

In der Zeichnung stehen die beiden Rollen senkrecht über einander, so hat der Magnet fast gar keine Wirkung auf dieselben; sobald sie aber durch das Rad in Bewegung gesetzt, vor die Pole des Magnets treten, erregt dieser in dem Anker Magnetismus und dadurch in der Inductionsrolle Elektricität, welche sich demjenigen fühlbar macht, der die beiden Enden der Drähte in seinen Händen hat.

Der Strom hört auf, sobald in weiten Kreisen der Anker wieder eine

senkrechte Stellung einnimmt, tritt aber sofort wieder ein, wenn, abermals horizontal, der Anker vor den Polflächen des Magnets liegt und so kann man im raschen Drehen beliebig oft den elektrischen Strom in der Spirale erwecken und sinken lassen, allein ein Uebelstand findet sich bei dieser Einrichtung, der nämlich, daß der Strom einmal von *c* nach *d* und das nächste Mal zurück von *d* nach *c* geht und daß dieses bei jeder Umdrehung zwei Mal wechselt, indem zuerst der Theil des Ankers *c* vor dem Nordpol und *d* vor dem Südpol, unmittelbar darauf aber *d* vor dem Nordpol und *c* vor dem Südpol steht, mithin nicht ein continuirlicher Strom gewonnen wird, sondern ein stetes Hin- und Hergehen stattfindet.

Diesem Uebelstande ist man durch den Stromwender oder Commutator begegnet, vermittelst dessen man den Strom so oft verkehrt leitet als er durch die Verwechselung der Pole umgekehrt wird, wodurch man begreiflicher Weise den Strom nunmehr in gleichem Sinne fortleitet. Es ergeben sich hier alle Wirkungen der Berührungselektricität, Erschütterungen, Erwärmung von Draht, Funken, Zündung von flüchtigen Substanzen, Zersetzung des Wassers ꝛc., ja sogar Magnetismus wird durch diesen elektrischen Strom, welcher durch Magnetismus entstanden ist, wieder erzeugt. Wenn man nämlich die Drahtleitungen, welche von den Stromwendern ausgehen, um ein weiches Stück Rundeisen schlingt, so daß die Inductionsrollen sich gewissermaßen auf dem Eisen fortsetzen, so wird dieses Eisen magnetisch und trägt nach der Stärke der Maschine 10—20 und mehr Pfund.

Die neuere Medicin hat diese Instrumente benutzt, um Kranke damit zu elektrisiren, weil sie denjenigen, welche von der Physik nichts verstehen, zugänglicher sind als die Elektrisirmaschine, sie nicht im Stiche lassen und es sind auch in manchen Fällen nicht ganz unbedeutende Erfolge dadurch erzielt worden; allein dasjenige, was eine gute und kräftige Elektrisirmaschine leistet, sind sie niemals zu ersetzen im Stande, weil die große Menge von Modificationen, welche die Elektrisirmaschine bietet, hier gänzlich fehlt, wo man kein elektrisches Bad, keinen Hauch, weder kleine noch große Funken, sondern lediglich elektrische Erschütterungen stärkerer oder schwächerer Art geben kann; aber abgesehen hiervon und von dem großen Vortheil, der darin liegt, daß man die verschiedenen Abstufungen der Reibungselektricität dem Kranken anpassen und einen jeden derselben nach seiner Eigenthümlichkeit, Reizbarkeit, Empfindlichkeit gegen die Elektricität behandeln kann, ist auch der Rotationsapparat so wie der Neef'sche Hammerapparat (der gleichfalls zum Elektrisiren leidender Personen angewendet wird) ein eigentliches Marterwerkzeug, welches, besonders verbunden mit der Acupunctur, entsetzliche Wirkungen hat.

Der Verfasser hat gesehen, wie in großen Heilanstalten an Patienten Versuche gemacht worden, die wahrhaft schauderregend gewesen sind und er ist zu der Ueberzeugung gekommen, daß, wenn die Inquisition in Spanien oder Italien Kenntniß von diesem Instrumente gehabt hätte, Daumschrauben und spanische Stiefeln, pommersche Mützen und gespickte Hasen als wirkungslos in die Rumpelkammer geworfen worden wären.

Es hat ein Gegner der Prügelstrafe den Antrag gemacht, es solle als unerläßlich zur Qualification für den Stand des Kriminalrichters die Bedingung aufgestellt worden, daß der Kandidat sich 25 Stockhiebe und eben so viele Ruthenstreiche aufzählen lasse, damit er bei dereinstiger Ertheilung derselben wisse, was er dictire. Dem Verfasser fiel dieser Antrag ein, als er junge Lazarethärzte mit völliger Erbarmungslosigkeit den Rotationsapparat bei Kranken anwenden sah, nachdem denselben feine Nadeln zolltief in das Fleisch gesteckt worden waren (Acupunctur), mit denen die Leitungsdrähte verbunden wurden. Wenn der Arzt, welcher so freigebig war, mit seinem viertelstündigen, ja halbstündigen Elektrisiren dergleichen an sich selbst hätte vornehmen lassen müssen, er würde sicher nichts dergleichen verordnet haben, wo nicht die höchste Nothwendigkeit oder die Ueberzeugung, damit helfen zu können, es geboten hätte.

Mit der Reibungselektricität ist sicher zu helfen, bei Rheumatismen durch kleine, prickelnde Funken, welche die Hautthätigkeit erhöhen, die unterdrückte Thätigkeit derselben wieder herstellen; bei Gicht durch starke Funken und kleine Schläge, welche die Steifigkeit der Gelenke beseitigen, die Gichtknoten erweichen und resorptionsfähig machen und endlich bei Gesichtsschmerz durch den elektrischen Hauch, welcher die tobenden Nerven auf das wohlthätigste beruhigt. Diese furchtbare Krankheit wird dadurch nach des Verfassers Erfahrung jederzeit besiegt.

Wer nun aber die Elektricität in allen möglichen Formen gegen andere Krankheiten anwendet, wer die Schwindsucht und die Harnruhr, das gastrische Fieber und den Kupferausschlag rc. damit zu heilen vorgiebt, ist entweder ein unwissender Mensch oder ein Marktschreier.

Der Diamagnetismus.

Aus Coulomb's Versuchen hatte sich schon längst ergeben, daß eine Eintheilung der Körper in magnetische und nicht magnetische unstatthaft sei und daß alle ohne Ausnahme dem Zuge starker Magnete folgten (s. S. 243), seit es jedoch gelungen ist, durch den elektrischen Strom so kräftige Magnete

zu machen, daß sie 20 und 50 Centner tragen, hat sich ein ganz neues Reich des Wissens erschlossen — der Diamagnetismus. Es ergiebt sich aus den entscheidendsten Versuchen, daß zwischen zwei sehr starken Magneten alle Körper sich entweder so stellen, wie das Eisen in die Linie von Pol zu Pol, dann nennt man sie magnetische, man sagt, sie stellen sich axial, oder daß sie sich senkrecht auf diese Verbindungslinie stellen, was man äquatorial nennt. Warum gerade diese Bezeichnung angeführt worden, die nur für die Richtung verschiedener Linien auf einer mit Polen bezeichneten Kugel Sinn hat, ist schwer zu fassen, sie ist aber einmal eingeführt und man weiß, daß man unter äquatorial die Transversalstellung zu verstehen hat, dabei möge es denn bleiben, um nicht unnöthig eine neue Sprachverwirrung entstehen zu sehen.

Es scheint, als ob der Grund des Diamagnetismus nichts anderes sei als Abstoßung von beiden Polen; so wie Eisen, Nickel und Kobalt von beiden Polen eines Magnets angezogen, dieselben Körper, wenn sie selbst magnetisirt sind, von dem einen Pole angezogen, von dem anderen abgestoßen werden, so giebt es wieder Körper, welche von beiden Polen eines Magnets abgestoßen werden.

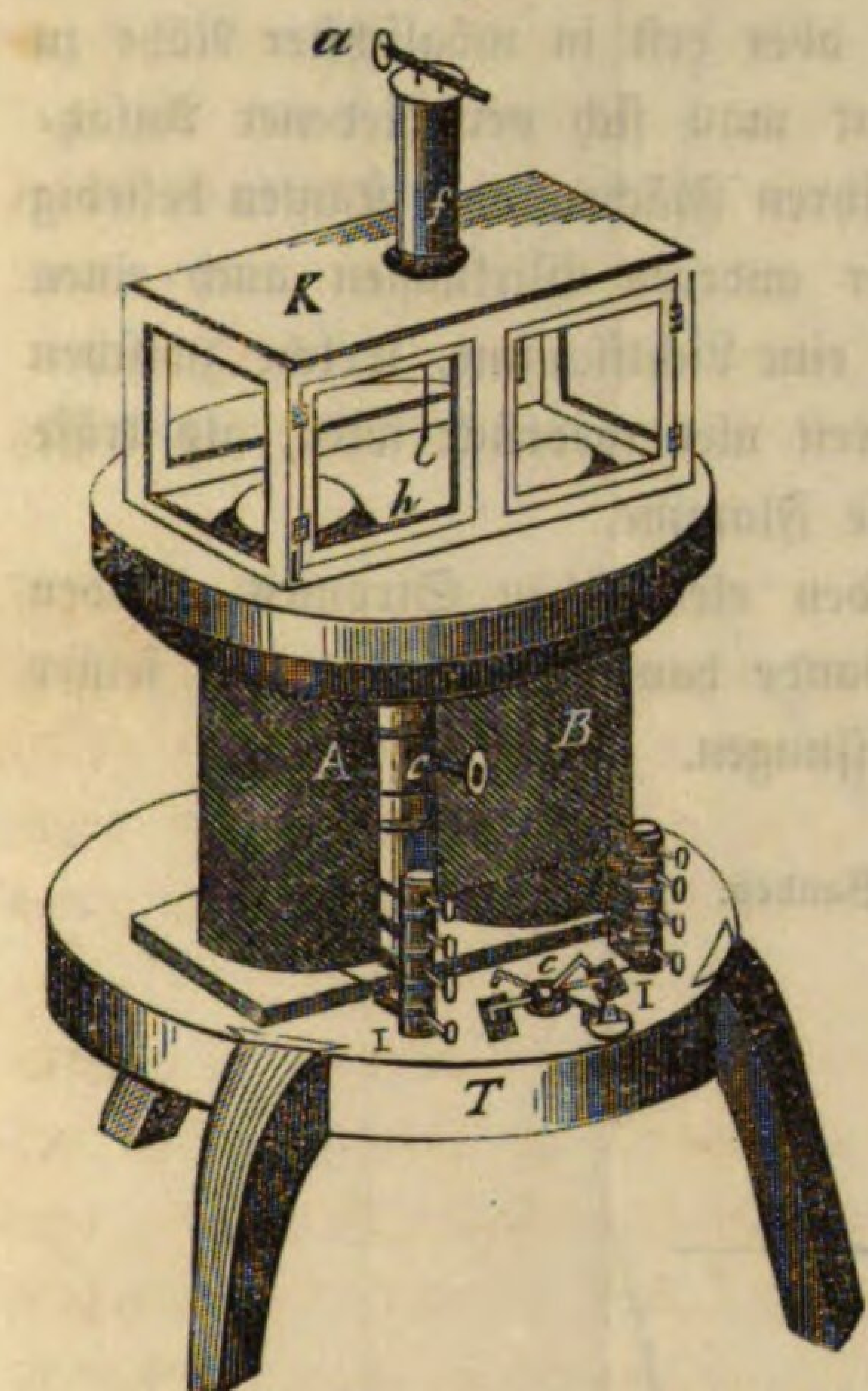
Mit dem Wismuth machte diese Entdeckung schon vor beinahe 80 Jahren Brugman, Professor der Mathematik und Physik, zu Gröningen in den Niederlanden, allein da die interessante und wichtige Entdeckung ganz vereinzelt stand, so wurde sie übersehen, vergessen, nicht einmal als Curiosum aufbewahrt, vielleicht niemals von irgend Jemand wiederholt, obschon es nicht einmal sehr starker Magnete bedurfte, um ein zartes, dünnes Wismuthstäbchen sich quer vor die Richtung des magnetischen Stromes zwischen zwei freundschaftlichen Polen stellen zu sehen.

Nachdem Faraday diesen Gegenstand mit der ihm eigenthümlichen Gewandtheit und Sicherheit im Experimentiren aufgenommen, ward derselbe erst so weit als möglich zu einer neuen Lehre ausgebildet und es ergab sich, daß es viel mehr diamagnetische als magnetische Körper giebt, woraus man schließen zu können glaubt, daß alle diejenigen Körper, welche man sonst für nicht magnetisch gehalten hat, es nur deswegen waren, weil die meisten derselben von beiden Polen eines Magnets abgestoßen werden, also diamagnetisch sind, was man nicht erkannte, nicht richtig auffaßte.

Entschieden magnetisch sind z. B. von den Metallen nur fünf: Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan und Chrom; so schwach magnetisch, daß sie nicht leicht eine entschieden axiale Stellung annehmen, sondern sich mehr oder minder schräg stellen sind: Cer, Titan, Palladium, Platin, Osmium; diesen folgen mit einer entschiedenen Neigung zum Transversalmagnetismus schon:

Wolfram, Iridium, Rhodium und ganz unzweifelhaft äquatorial stellen sich: Arsen, Gold, Kupfer, Silber, Blei, Quecksilber, Natrium, Kadmium, Zinn, Zink, bis zuletzt Antimon und Wismuth als die eigentlichen Repräsentanten des Diamagnetismus in höchster Potenz gelten können.

Fig. 192.



Der Apparat, dessen man sich zu diesen Untersuchungen bedient, ist sehr kostbar. Die Berliner Universität hat einen solchen, wie er hier unter Fig. 192 abgebildet ist, von colossalen Dimensionen; das Ganze hat mehr als Mannshöhe und die Elektromagnete *A* und *B*, zwei ½ Fuß dicke Eisenstäbe, durch eine mächtige, geschmiedete Platte zu einem Hufeisen verbunden, sind mit einer mehrere Centner schweren Masse von Kupferdraht umwickelt und zwar so, daß man den ganzen Draht als ein Continuum elektrisiren, oder ihn halbiren und dadurch seine Dicke verdoppeln, oder seine Länge auf den vierten, fünften Theil herabsetzen, aber eben dadurch seinen Querschnitt um eben so viel verstärken kann, indem man den elektrischen Strom, statt durch einen Draht und alle Windungen nach einander, durch fünf Drähte auf einmal gehen läßt. Auf dem Fußgestell *T* von starkem Eichenholz sind die fünf neben einander stehenden Schraubklemmen zu sehen, welche zu der Verbindung der Drähte in einem oder dem anderen Sinne dienen. Zwischen *I* und *I* ist der Schließungsapparat, welcher die beiden Hälften zu verbinden und den elektrischen Strom hindurch zu leiten gestattet.

Auf den etwa 1 Zoll hoch freistehenden Polen ruht eingelassen, so daß die Pole ganz hindurch gehen, ein starkes rundes Brett, welches einen Glaskasten *K* trägt, innerhalb dessen man die Experimente selbst macht. Eine auf demselben stehende Röhre *a* umschließt einen ungedrehten Seidenfaden mit einem Häkchen von Draht *h*, an welches man die zu prüfenden Gegenstände hängt.

Die hier hineingebrachten Substanzen kann man nun mit größter Ruhe beobachten, da sie von keinem Zugwind bewegt werden, allein der Thätigkeit folgen, welche man kennen lernen will, zugleich gewährt der Elektromagne-


tismus die große Bequemlichkeit, Alles einrichten zu können, bevor der Magnet ein Magnet wird, man hat also die sämmtlichen Vorrichtungen bei einem ganz indifferenten Körper zu treffen, welcher erst magnetisch wird in dem Augenblick, in welchem man es verlangt.


Da der starken Umwickelungen wegen die beiden Magnetpole weit aus einander stehen, die größte Kraft derselben aber erst in möglichster Nähe zu einander entwickelt werden kann, so bedient man sich verschiedener Ansatzstücke von weichem Eisen, welche sich mit ihren Flächen oder Kanten beliebig nähern lassen. Hierbei nimmt man unter anderen Wirkungen auch einen so starken magnetischen Strom wahr, daß eine Lichtflamme, welche zwischen den beiden Polen ruhig brennt, plötzlich breit niedergedrückt wird, als träfe ein Luftstrom, von oben herabkommend, die Flamme.


Ueber die Wirkung des magnetisirenden elektrischen Stromes auf den Lichtstrahl werden wir erst im zweiten Bande handeln, eben so von seiner Anwendung zu den allerfeinsten Wärmemessungen.

Ende des ersten Bandes.

Druck von A. Bahn & Comp. in Berlin, Schleuse 4.


KARTE
der magnetischen Linien
gleicher Neigung.
(Jnclination.)
AUSTRALIEN
Südlicher Magnetpol
60
60
60
70
70
180
150
120
90
60
30
0
30
60
90
120
150
180
II. Thl


KARTE
über die Abweichung
der Magnetnadel.
Die Linien ohne Abweichung stark,
die westlichen schwach ausgezogen,
die östlichen punktirt.
180
150
120
90
60
30
0
30
60
90
120
150
180
60
10°
0
22°
30°
50°



KARTE
der magnetischen
Intensität.
AUSTRALIEN
800
900
1000
1100
1300
1500
1700
1900
2250

Mit 4. Tafeln

Mit 4. Tafeln